

ENCYCLOPÉDIE-RORET

1912
APPLICATIONS

DU

FROID ARTIFICIEL



PARIS

ENCYCLOPÉDIE-RORET

L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR

12, RUE HAUTEFEUILLE, VI^e

CONTROLE DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES ENREGISTREURS ET APPAREILS INDICATEURS

Thermomètres enregistreurs ou à cadran

Transmetteurs de température à distance par l'électricité. Scrutateurs. —
Thermomètres avertisseurs, etc. —
Hygromètres enregistreurs à cadran.
Anémomètres pour mesurer le débit des conduites à air chaud

*Baromètres. Manomètres.
Indicateurs de tirage.
Transmetteurs de niveau
à distance. Appareils de
Mesures Electriques, etc.*

JULES RICHARD

Fond' et Succ' de la Maison
RICHARD frères
25, Rue Mélingue
(ancienne impasse Fessart) Paris



Fournisseur de la Marine, des Ponts et Chaussées, de l'Assistance Publique, des Chemins de Fer, des Ministères de la Guerre, de l'Instruction Publique, des Postes et Télégraphes, etc.



A la même Maison le **VÉRASCOPE**
Exposition : 10, rue Halévy (Opéra)
Demander les Notices illustrées, envoyées gratis et franco,
25, rue Mélingue, Paris

ENCYCLOPÉDIE-RORET
L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR
PARIS, 12, rue Hautefeuille, PARIS (VI^e)

NOUVELLE COLLECTION DE L'ENCYCLOPÉDIE-RORET
Format in-18 jésus (19 × 12)

MANUEL PRATIQUE

DE

Jardinage



et d'Horticulture

PREMIÈRE PARTIE. — Notions générales, Multiplication des Végétaux.

DEUXIÈME PARTIE. — Cultures utilitaires, potagères et fruitières en plein air et de primeurs.

TROISIÈME PARTIE. — Cultures d'agrément, de plein air et de serres, Création et Ornementation des Jardins, Garnitures d'appartement, Corbeilles, Bouquets, etc.

Par **Albert MAUMENÉ**

Professeur d'horticulture, Diplômé de l'École d'arboriculture de Paris, Lauréat des Cours d'horticulture et Boursier du département de la Seine.

AVEC LA COLLABORATION DE

M. CLAUDE TRÉBIGNAUD

Professeur d'arboriculture

1 vol. de 900 p., illustré de 275 fig. dans le texte

PRIX : 6 FRANCS

Envoi franco contre mandat-poste

INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES

Pour toutes les applications
demandez-nous notre album
et notre liste des références,
- - vous serez convaincus ! - -

ATELIERS

B. LEBRUN

132, *Rue du Faubourg Saint-Denis*

TÉLÉPH. NORD 53.49

PARIS



VISITES. DEVIS. PLANS gratuitement

SOCIÉTÉ DES
ÉTABLISSEMENTS WANNER

67, avenue de la République, 67

PARIS

Tél. : Roquette 13-43. — Télég. : Balata-Paris

Isolation rationnelle

de Chambres frigorifiques,
Glacières, Générateurs à glace, Conduites,
etc., etc.

Liège aggloméré

imprégné, inodore
en plaques et coquilles

MACHINES A GLACE
INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES

Systeme Quiri-Rau

QUIRI & C^{IE}

constructeurs

A SCHILTIGHEIM, près STRASBOURG (Alsace)

PLUS DE 1500 APPLICATIONS

Meilleures références

ENCYCLOPÉDIE-RORET
L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR
PARIS, 12, rue Hautefeuille, PARIS (VI^e)

NOUVEAU MANUEL COMPLET
DE
L'AJUSTEUR-MÉCANICIEN
APPRENTI, OUVRIER, CONTREMAITRE

Par **Paul BLANCARNOUX**
Ingénieur des Arts et Métiers

2 vol. in-18, ornés de 230 fig. dans le texte. 6 fr.

NOUVEAU MANUEL COMPLET
DU
CONDUCTEUR
DE
CHAUDIÈRES A VAPEUR

CONTENANT
La Description, la Conduite, l'Entretien, les Accidents
des Chaudières

Par **Paul BLANCARNOUX**
Ingénieur des Arts et Métiers

1 vol. in-18, orné de 110 fig. dans le texte 3 fr.

Envoi franco contre mandat-poste

Nouvelles Machines à glace *Aéro-Réfrigérants* et air froid sec

Installation d'entrepôts frigorifiques — Abattoirs
Fabrication de glace — Congélation de nappes
d'eau — Installations frigorifiques pour Brasseries,
** ** ** ** Chocolateries, etc. ** ** ** **

MILLE & POURCEL

Ingénieurs-Constructeurs (A. et M.)

BUREAUX; Bourse de Commerce, rue du Louvre, PARIS

LAURÉAT du CONCOURS

ouvert par la PRÉFECTURE DE LA SEINE

pour la réfrigération d'Entrepôts aux Halles Centrales
(Service sanitaire)

Téléphone : 145-97

Adresse télégr. : MILCEL

ENCYCLOPÉDIE-RORET

L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR

PARIS, 12, rue Hautefeuille, PARIS (VI^e)

NOUVEAU MANUEL COMPLET

D'ÉLECTRICITÉ

Par G. PETIT

Ingénieur civil

2 vol. ornés de 285 figures dans le texte

PRIX : 8 FRANCS

Envoi franco contre mandat-poste

GÉNÉRATEURS
D'
OZONE

— SYSTÈME OZONAIR —
POUR LA
PURIFICATION DE L'AIR
DES
CHAMBRES FRIGORIFIQUES

6 GRANDS PRIX
14 MÉDAILLES D'OR ET D'ARGENT
5 DIPLOMES D'HONNEUR

C. HEMMERLIN et C^o
MULHOUSE, ALS.

AGENT GÉNÉRAL POUR LA FRANCE
Jean le Roy A PARIS
16, RUE EUGÈNE CARRIÈRE

1670

ENCYCLOPEDIA HONORIS

APPENDIX

Bmic 52

PROF. CHRISTIAN

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

APPLICATIONS

DU

FROID ARTIFICIEL

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

— **Brasseur**, ou l'Art de faire toutes sortes de Bières françaises et étrangères, par F. MALEPEYRE. Nouvelle édition, entièrement revue et complétée par SCHIELD-TREHERNE, 2 gros vol, accompagnés d'un Atlas de 14 pl. 8 fr.

— **Charcutier, Boucher et Equarrisseur**, contenant l'élevage et l'engraissement du Porc et de la Truie, l'art de préparer et de conserver les différentes parties du Cochon, les maniements et le Dépeçage du Bœuf, de la Vache, du Taureau, du Veau, du Mouton et du cheval, et traitant de l'utilisation des débris, par MM. LEBRUN et MAIGNE. 1 vol. avec figures et planche 3 fr.

On vend séparément :

TABLEAU DES QUALITÉS DE VIANDE, in-plano col. 1 fr.

— **Distillation de la Betterave, de la Pomme de terre, du Topinambour et des racines féculentes**, telles que la carotte, le rutabaga, l'asphodèle, etc., par HOURIER et MALEPEYRE. Nouvelle édition entièrement refondue par LARBALÉTRIER. 1 vol. accomp. de 3 pl. gravées sur acier 3 fr.

— **Distillation des Grains et des Mélasses**, par MM. F. MALEPEYRE et ALB. LARBALÉTRIER. 1 vol. accompagné d'un Atlas de 9 planches in-8° 5 fr.

— **Distillation des Vins, des Marcs, des Moûts des Fruits, des Cidres, etc.**, par M. F. MALEPEYRE. Nouvelle édit. revue, corrigée et considérablement augmentée par M. Raymond BRUNET, ingénieur-agronome. 1 vol. 3 fr.

— **Eaux et Boissons Gazeuses**, ou Description des méthodes et des appareils les plus usités dans cette industrie, le bouchage des bouteilles et des siphons, la Gazéification des Vins, Bières et Cidres, etc. Nouv. éd. augmentée des Boissons angl. et amér., par L. GASQUET, Ingénieur des Arts et Manufactures, et JARRE, Ingénieur. 1 vol. orné de 140 fig. dans le texte. 4 fr.

— **Levure (Fabricant de)**, traitant de sa composition chimique, de sa production et de son emploi dans l'industrie, principalement dans la Brasserie, la Distillation, la Boulangerie, la Pâtisserie, l'Amidonnerie, la Papeterie, par F. MALEPEYRE. Nouvelle édition revue et corrigée par R. BRUNET, ingén.-agronome. 1 vol. orné de fig. 2 fr. 50

— **Limonadier, Glacier, Cafetier et Amateur de thés**, contenant la fabrication de la Glace et des Boissons frappées ou rafraichissantes, par CHAUTARD et JULIA DE FONTENELLE. Nouvelle édition entièrement refondue par CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 76 figures dans le texte 3 fr.

MANUELS-RORET

N. 647
NOUVEAU MANUEL COMPLET

DES

APPLICATIONS

DU

FROID ARTIFICIEL

CONTENANT

La Description des machines frigorifiques

Leur conduite et leur entretien

La Fabrication de la glace — La conservation
des Denrées

L'utilisation du froid
dans les diverses industries

PAR

A. BLANCHET

Directeur de l'Entrepôt frigorifique des Halles Centrales
de Paris

Ouvrage orné de 74 figures dans le texte

PARIS

ENCYCLOPÉDIE-RORET

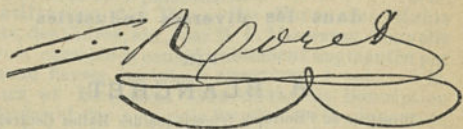
L. MULO, LIBRAIRE-ÉDITEUR

12, RUE HAUTEFEUILLE, 12

1913

AVIS

Le mérite des ouvrages de l'**Encyclopédie-Roret** leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Éditeur, qui se réserve le droit de le faire traduire dans toutes les langues, et de poursuivre, en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons et toutes traductions faites au mépris de ses droits.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roret', with a large, decorative flourish underneath. The signature is written in a cursive style.

PRÉFACE

Nous nous sommes appliqué, dans ce petit ouvrage, à exposer aussi clairement et succinctement que possible, les principes qui doivent guider dans les diverses applications actuelles des machines frigorifiques. Nous avons, pour cela, écarté systématiquement les discussions théoriques, dont l'intérêt est sans doute considérable, mais qui n'ont pas de conséquences pratiques immédiates.

Faire un livre qui puisse rendre service aux praticiens n'ayant pas le loisir de se livrer à des spéculations de haute science, en leur offrant les renseignements dont ils peuvent avoir besoin à tout instant, pour assurer la bonne marche des installations dont ils ont la responsabilité, tel est le but que nous nous sommes proposé.

On ne trouvera donc dans ce Manuel, que des renseignements et des faits basés sur l'expérience,

et qui servent actuellement de guides, dans les différentes applications du froid. Notre pratique personnelle, nous a permis de faire une sélection parmi les différentes données indiquées dans les publications spéciales, et d'éviter ainsi à ceux qui nous liront, de s'engager à la suite d'auteurs peu expérimentés, dans des voies ne pouvant les mener qu'à de mauvais résultats.

C'est dans le même esprit, que nous avons exposé la théorie élémentaire du fonctionnement des machines, et que nous avons indiqué pour les différents types actuellement en usage, non seulement quels en sont les principaux organes, mais surtout, comment on doit les faire fonctionner pour en obtenir le maximum de rendement ainsi que les accidents de marche, avec la façon de les prévenir et d'y remédier, et les diverses manœuvres qu'on est appelé à faire journellement avec elles.

Nous tenons à remercier tout particulièrement M. Malaquin, dont le nom est intimement lié à l'histoire du développement de l'Industrie Frigorifique en France, qui a bien voulu nous aider, en mettant à notre disposition une série de documents, dans lesquels nous avons puisé de nombreux et précieux renseignements.

A. BLANCHET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET DES APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL

CHAPITRE PREMIER

Phénomènes actuellement utilisés pour la production du Froid artificiel.

SOMMAIRE. — Evaporation des gaz liquéfiables. —
II. Evaporation de l'eau. — III. Affinité chimique de
l'ammoniac pour l'eau. — IV. Mélanges réfrigérants.

La production artificielle du froid, est de découverte encore récente, puisque ce n'est qu'au milieu du siècle dernier qu'elle fut réalisée.

On a cherché par divers moyens, à obtenir la production du froid, mais parmi les essais tentés, tous n'ont pas eu d'heureux résultats, et on a dû abandonner des méthodes dont on avait beaucoup espéré. Nous citerons ainsi : la détente de l'air comprimé, abandonnée aujourd'hui.

Nous ne nous attarderons pas à parler de ces méthodes, qui n'ont pu entrer dans le domaine des applications, pour ne nous occuper que de celles actuellement employées, dans les différentes industries utilisant les basses températures.

Les phénomènes physiques et chimiques servant à obtenir le froid industriellement, sont :

- 1° L'évaporation des gaz liquéfiés.
- 2° L'évaporation de l'eau.
- 3° L'affinité chimique de l'ammoniac pour l'eau.
- 4° Les mélanges réfrigérants.

I. ÉVAPORATION DES GAZ LIQUÉFIABLES

On sait que, si on verse sur la main une goutte d'un liquide très volatil, l'éther ordinaire par exemple, l'évaporation de ce liquide produit une impression de froid très sensible.

Ce fait est dû à ce que l'éther liquide, s'est vaporisé, en empruntant de la chaleur aux corps environnants, et en particulier, à la main.

La chaleur fournie ainsi, est le prix du changement d'état physique du corps considéré. Cette quantité varie suivant les différents corps, on l'appelle la chaleur latente de vaporisation.

Voici comment on utilise industriellement ce phénomène.

L'installation frigorifique, comprend comme le montre schématiquement la figure 1, quatre appareils.

Un condenseur C, formé d'un serpentín placé dans une cuve, où on établit une circulation d'eau.

Un réfrigérant E, qui est construit comme le condenseur, mais où, au lieu d'une circulation d'eau on met une dissolution saline ne se congelant

qu'en dehors des limites de température auxquelles on opère.

Un compresseur P. qui est une pompe à gaz.

Un robinet détenteur R.

Le gaz liquéfié sous pression dans le condenseur C,

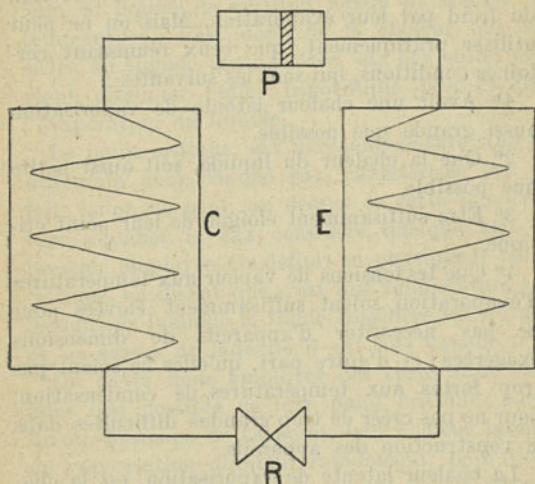


Fig. 1. — Schéma d'une machine frigorifique à compression.

s'écoule par le robinet détenteur R, dans le réfrigérant E où il se vaporise, empruntant la chaleur nécessaire à cette transformation aux corps ambiants, c'est-à-dire au liquide incongelable, dont il abaisse ainsi la température. Aspiré par le compresseur P, il est refoulé dans le condenseur C, où il se liquéfie à nouveau sous l'effet de la pression.

C'est pour éviter que cette dernière ne s'élève trop, que le condenseur est plongé dans un courant d'eau froide, qui absorbe la chaleur dégagée par la compression.

Théoriquement, tous les liquides provenant de gaz liquéfiés, pourraient servir à la production du froid par leur évaporation. Mais on ne peut utiliser pratiquement, que ceux réunissant certaines conditions, qui sont les suivantes :

1° Avoir une chaleur latente de vaporisation aussi grande que possible.

2° Que la chaleur du liquide, soit aussi petite que possible.

3° Etre suffisamment éloigné de leur point critique.

4° Que les tensions de vapeur aux températures d'évaporation, soient suffisamment élevées pour ne pas nécessiter d'appareils de dimensions exagérées ; et d'autre part, qu'elles ne soient pas trop fortes aux températures de condensation, pour ne pas créer de trop grandes difficultés dans la construction des appareils.

La chaleur latente de vaporisation, est la chaleur nécessaire pour vaporiser un kilogramme du liquide ; c'est celle que le fluide frigorigène emprunte au liquide incongelable. La puissance frigorifique de deux volumes égaux de deux corps différents, sera donc plus ou moins grande, selon que leur chaleur latente de vaporisation sera elle-même plus ou moins grande. On a, par conséquent, intérêt, à choisir le corps ayant cette caractéristique la plus élevée possible, parce que pour un vo-

lume donné de liquide vaporisé, ou aspiré au compresseur, l'effet frigorifique produit sera maximum.

On appelle : chaleur du liquide, la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilogramme de ce liquide, de 0° à une température supérieure : c'est sa chaleur spécifique. Cette quantité de chaleur, le liquide la restitue lorsqu'on abaisse sa température ; c'est donc de la chaleur qui est cédée au liquide incongelable, et, par suite, elle vient diminuer l'effet frigorifique produit par l'évaporation du liquide.

Le point critique, est une température fixe et différente pour chaque gaz, caractérisée par ce fait, qu'on ne peut, au dessus de cette température, liquéfier le gaz considéré, quelque soit la pression employée. On définit en physique le point critique, en disant que c'est une température au-dessous de laquelle le fluide considéré est un gaz et au-dessus de laquelle il est une vapeur.

On devra donc employer des corps aussi éloignés que possible de leur point critique, parce qu'au voisinage de ce point, leur chaleur latente de vaporisation diminue rapidement, pour s'annuler dès qu'on l'atteint, et que l'effet frigorifique diminue, par suite, très rapidement.

En dehors de ces conditions, il existe d'autres points intéressants bien que secondaires.

Le corps employé doit être incombustible, pour éviter le danger d'incendie ; ne pas être un poison violent, pour éviter les accidents de personnel ; enfin, ne pas attaquer les matériaux employés à la construction des appareils, et avoir une odeur

caractéristique, pour que l'on puisse s'apercevoir facilement des fuites.

Caractéristiques de ces corps.

Parmi les liquides provenant de gaz liquéfiés, il en est un certain nombre réunissant à peu près ces conditions, et dont, par suite, l'usage comme agents producteurs de froid s'est très répandu, ce sont : l'anhydride sulfureux ; l'ammoniaque ; l'anhydride carbonique ; le chlorure de méthyle.

Anhydride sulfureux (SO_2). — L'anhydride sulfureux est un gaz incolore, d'odeur vive et pénétrante, très soluble dans l'eau, qui en dissout environ 80 fois son volume à 0° , et 50 fois son volume à $+15^\circ$. Il est irrespirable, mais non toxique, et incombustible.

Il se liquéfie facilement à -15° , pour donner un liquide incolore, très fluide, de densité 1,45, dont la tension de vapeur est environ de 1 atm.555 à 0° et de 3 atm.25 à $+20^\circ$; chaleur latente de vaporisation à 0° : 91 cal, 87. Point critique : 156° .

En présence de l'air humide, il forme de l'acide sulfurique. Ce point est important, car il en résulte que dans la conduite des machines utilisant ce corps, il faut avoir soin d'éviter les rentrées d'air dans les appareils, en particulier, par le presse-étoupes de la tige du compresseur. Si en effet, on ne prend pas cette précaution, on risque de produire de l'acide sulfurique, qui attaque les matériaux, avec lesquels sont construits les appareils. Il est à noter également, que l'anhydride sulfureux attaque et détruit les huiles de grais-

sage ; aussi, en général, les appareils l'utilisant sont-ils dépourvus de graisseur pour le cylindre. Par contre, pour éviter l'échauffement qui pourrait résulter de ce fait, le cylindre est à double enveloppe, avec circulation d'eau ; de même on établit une circulation d'eau, à l'intérieur de la tige du piston.

C'est Pictet, qui, le premier, a construit et utilisé les machines à anhydride sulfureux. Ces machines sont très répandues en France.

Ammoniac (AzH^3). — Le gaz ammoniac est incolore, d'odeur vive et pénétrante, provoquant les larmes. L'eau en dissout 1049 fois son volume à 0° , et 785 fois à $+ 15^\circ$. C'est cette grande solubilité, qui est utilisée dans les machines à affinité.

L'ammoniac se liquéfie sous la pression atmosphérique, à $- 35^\circ$, en donnant un liquide de densité 0,75. Sa tension de vapeur est de 4 atm, 20 à 0° , et de 8 atm,25 à $+ 20^\circ$. Point critique : 130° ; chaleur latente de vaporisation à 0° : 304,3.

L'ammoniac a été employé pour la première fois comme agent frigorifique, dans les machines à compression, par Linde. Ces machines se sont répandues très vite en Allemagne en particulier, et, en France, tendent à remplacer celles à anhydride sulfureux. Les avantages de l'ammoniac sont sérieux en effet, sa chaleur de vaporisation est très élevée, et ses tensions de vapeur, plus fortes que celles de l'anhydride sulfureux, n'atteignent pas, cependant, de valeurs occasionnant des pressions exagérées au refoulement.

Il n'attaque pas les huiles de graissage, et est sans action sur les métaux employés à la construction des machines, sauf sur le cuivre, dont l'emploi est proscrit.

Il est irrespirable, et, sans être toxique, peut occasionner de graves accidents quand on en absorbe de grandes quantités, par suite de son action corrosive sur les tissus organiques. Il est incombustible.

Anhydride carbonique (CO^2). — L'anhydride carbonique, est un gaz incolore, inodore et insipide, peu soluble dans l'eau. Il se liquéfie sous une pression de 36 atmosphères, à 0° , en donnant un liquide de densité 0,947. Les tensions de vapeurs sont de 36atm. à 0° et 60 atm, à $+ 20^\circ$. Point critique : 31° , 1. Chaleur latente de vaporisation à 0° : 55,45.

Il n'attaque aucun métal, ni les huiles.

Il est incombustible et irrespirable, mais non toxique ; il provoque l'asphyxie, sans empoisonnement du sang. L'absence d'odeur rend les fuites difficilement perceptibles. C'est là un inconvénient, mais qui n'est, en somme, pas grave, puisque incombustible et non toxique, il n'y a que dans des cas tout à fait particuliers, où il puisse amener des accidents de personnel.

Chlorure de méthyle ($\text{CH}^3 \text{Cl}$). — Le chlorure de méthyle est un gaz incolore, d'odeur étherée, combustible. Il n'attaque ni les métaux ni les huiles ou la glycérine, qui est généralement employée pour graisser les cylindres des machines employant ce corps. Il est soluble dans l'eau, avec

laquelle il forme un hydrate à basse température. Ses tensions de vapeur sont de 2 atm.50 à 0°, et de 5 atm.00 à + 20°. Chaleur spécifique à 0°96 : cal,9.

C'est, en somme, un corps se rapprochant beaucoup de l'anhydride sulfureux, au point de vue des aptitudes à la production du froid. Les machines employant le chlorure de méthyle, sont pourtant rares ; leur extension a été probablement empêchée, par celle des machines à anhydride sulfureux, et à ammoniac, venues plus tôt.

Comparaison entre les principaux agents frigorifiques

TABLEAU I

Température au Condenseur	Température au Réfrigérant	Chaleur absorbée					
		en calories			o/o de la chal. d'évapor.		
		AzH ₃	CO ₂	SO ₂	AzH ₃	CO ₂	SO ₂
+ 10°	- 10°	304,3	50,76	87,00	94,6	82,7	93,1
+ 20°	- 10°	294,81	43,65	83,60	91,5	71,2	89,7
+ 30°	- 10°	284,98	31,22	80,09	88,5	51,0	85,0

Les chiffres de ce tableau sont empruntés à Lenhart. Le chlorure de méthyle n'y figure pas, parce que, comme nous l'avons vu, on ne possède pas ses caractéristiques aux différentes températures.

TABLEAU II

Température	Pression en kilogrammes		
	AzH ₃	CO ₂	SO ₂
- 30°	1,19	15,0	0,39
- 20	1,90	20,3	0,65
- 10	2,92	27,1	1,03
0	4,35	35,4	1,58
+ 10	6,27	45,7	2,34
+ 20	8,79	58,1	3,35
+ 30	12,01	73,1	4,66

L'examen des chiffres de la chaleur absorbée ou puissance frigorifique, pour les corps considérés, fait voir de suite avec quelle rapidité celle de l'anhydride carbonique diminue à l'approche de son point critique. Théoriquement, elle devrait s'annuler dès qu'on l'atteint ; cela n'est pas exact en pratique, parce qu'alors le cycle décrit par le fluide se rapproche beaucoup de celui des machines à air, et comme à cette température, la chaleur spécifique à pression constante, de l'anhydride carbonique est très élevée, la machine continue à produire du froid, bien que dans des conditions peu avantageuses.

Le deuxième tableau, montre que les pressions dans les machines à anhydride sulfureux, sont très faibles, et que par suite leur construction n'offre pas de difficultés de ce chef. Pour l'ammoniac,

ses pressions sont un peu plus élevées, bien qu'encore normales. Enfin pour l'anhydride carbonique elles sont très élevées, mais ce n'est pas là un inconvénient pour les constructeurs modernes, surtout que les machines l'utilisant, sont de dimensions très réduites.

En effet, si nous considérons que l'unité de poids d'ammoniaque liquide, en s'évaporant à -10° , produit 304 frig.3 (Tableau I), le volume spécifique de l'ammoniaque liquide étant de 0,0016 (Lenhart), celui de l'ammoniac gazeux de 0,432 (Lenhart), ce froid est produit pour un accroissement de volume de 0,430 ; c'est la quantité aspirée par le compresseur.

L'unité de poids de l'anhydride carbonique produit en s'évaporant dans les mêmes conditions, 50 frig.76, c'est-à-dire, une quantité près de 6 fois moindre ; exactement :

$$\frac{304,3}{50,76} = 5,9$$

avec un accroissement de volume de 0,01326.

Pour produire 304 frig.3 comme l'ammoniac, il faudra donc aspirer un volume d'anhydride carbonique, qui sera :

$$0,01326 \times 5,9 = 0,0782.$$

Le rapport de ce volume à celui d'ammoniac produisant le même effet frigorifique, est de :

$$\frac{0,430}{0,0782} = 5,4.$$

Si nous faisons le même raisonnement avec l'anhydride sulfureux, nous voyons que l'unité

de poids en s'évaporant à -10° , produit 87 frigories. En comparant avec le chiffre obtenu avec l'ammoniac, nous trouvons :

$$\frac{304,3}{87} = 3,4.$$

L'accroissement de volume subi, est de : 0,328. Pour avoir une production de froid égale à celle de l'ammoniac, il faudra donc aspirer un volume de :

$$0,328 \times 3,4 = 1,1152.$$

En comparant au volume d'ammoniac aspiré, on a :

$$\frac{1,1152}{0,430} = 2,5.$$

On voit donc que si on pose : 1 le volume d'anhydride carbonique aspiré par le compresseur pour une production de froid déterminée, il faudra, pour la même production, aspirer un volume d'ammoniac égal à 5,4, et un volume d'anhydride sulfureux égal à 13,5.

La fig. 2, montre les volumes comparés des compresseurs, suivant que l'on emploie l'un ou l'autre gaz.

Il y a là pour l'anhydride carbonique un avantage sérieux, car on peut construire les cylindres du compresseur de façon parfaite, et leur donner une énorme résistance, par suite de leur petitesse. En plus, le peu d'encombrement de ces machines, les rend particulièrement avantageuses, quand on est limité par la place, comme dans les bateaux par exemple.

Nous avons parlé jusqu'ici, de la *puissance frigorifique* : différence entre la chaleur latente de vaporisation, et la chaleur spécifique du liquide. Nous tenons, dès maintenant, à faire remarquer qu'il ne faut pas confondre cette notion, avec celle du rendement des machines, qui est toute différente, et que nous étudierons ultérieurement.

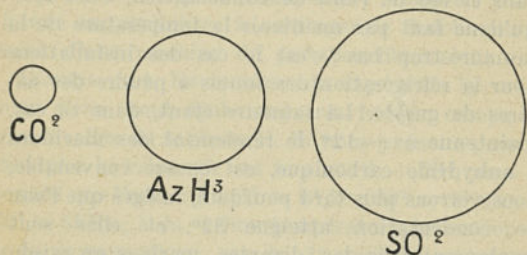


Fig. 2. — Volumes comparés des machines à acide carbonique, ammoniac et acide sulfureux.

Nous croyons bon également, de rappeler que la frigorie, unité dont nous nous sommes déjà servi, est l'inverse de la calorie. Donc, si on définit cette dernière, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de 1 kilogramme d'eau, la frigorie est la quantité de chaleur à absorber, pour abaisser de 1° , la température de 1 kilogramme d'eau.

Des faits exposés ci-dessus, on peut déjà tirer des conclusions intéressantes.

Nous pouvons dire qu'aux températures ordinaires auxquelles on travaille, de $+ 20^{\circ}$ au condenseur, à $- 15^{\circ}$ au réfrigérant, on pourra employer indifféremment, l'agent frigorifique que

l'on voudra. Dès que l'eau de condensation s'élèvera, et atteindra 30° , on aura avantage à employer les machines à ammoniac ou à anhydride sulfureux, à l'exclusion de celles à anhydride carbonique.

Pour ces dernières, il y a pourtant certains cas où leur emploi est possible, malgré la température élevée de l'eau de condensation, c'est lorsqu'il ne faut pas maintenir la température de la saumure trop bas ; c'est le cas des installations pour la réfrigération des soutes à poudre des navires de guerre. La saumure étant, dans ce cas, maintenue à $+ 12^{\circ}$, le rendement des machines à anhydride carbonique, est encore convenable, nous verrons plus tard pourquoi, malgré que l'eau de condensation atteigne 32° , et elles sont employées dans les diverses marines, en raison de leur peu d'encombrement.

II. ÉVAPORATION DE L'EAU

Parmi les liquides susceptibles de produire de grands froids par leur évaporation, l'eau occupe une place particulière. En effet, sa chaleur latente de vaporisation est de : 614 calories à -10° ; 607 calories à 0° ; 600 calories à $+ 10^{\circ}$, soit des valeurs doubles environ de celles de l'ammoniac. Aussi, Carré avait-il imaginé une machine pour la fabrication des carafes frappées, basée sur l'évaporation de l'eau.

Par contre, le volume spécifique de la vapeur d'eau est très élevé : $210\text{m}^3,68$ à 0° , alors que celui

de l'ammoniac est de : $0^{\text{m}^3},294$ à la même température. Il résulte de ce fait, que si nous faisons pour l'eau, le même calcul que pour les trois corps étudiés précédemment, nous trouverions qu'à puissance frigorifique égale, si le volume de vapeur aspiré par un compresseur à anhydride carbonique est 1, celui aspiré par un compresseur à vapeur d'eau, serait : 2800. Il y a là une impossibilité, à envisager le fonctionnement d'une machine de pareilles dimensions.

D'autre part, les tensions de vapeur de la vapeur d'eau, sont également très faibles, comparées à celles du tableau II. Si nous prenons pour exemples la valeur de ces tensions à $+ 20^{\circ}$, nous voyons que l'on a : $\text{Az H}^3 = 8^{\text{k}},79$; $\text{SO}^2 = 3^{\text{k}},35$; $\text{CO}^2 = 58^{\text{k}},1$; à la même température, la tension de la vapeur d'eau est de 22 millimètres seulement. Ce fait entraîne, comme le précédent, l'impossibilité d'utiliser l'eau, avec des machines fonctionnant comme pour les autres agents frigorifiques, aucune pompe à piston, ne pouvant assurer un vide aussi avancé.

Jusqu'à ces dernières années, on avait donc à peu près abandonné l'idée d'utiliser l'eau à la production du froid, malgré sa chaleur latente de vaporisation, si favorable.

Un ingénieur français, M. Leblanc, est arrivé à réaliser une machine à froid à vapeur d'eau, à la suite d'études très approfondies sur la condensation.

La machine (fig. 3), se compose essentiellement, d'un éjecteur à vapeur produisant un vide absolu,

et débouchant dans un condenseur Westinghouse-Leblanc. Cet éjecteur est enfermé dans une colonne A, communiquant par sa partie supérieure,

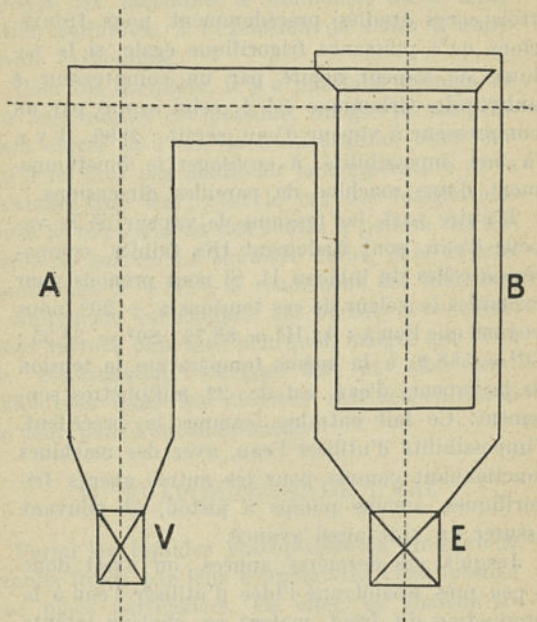


Fig. 3. — Schéma d'une machine frigorifique à évaporation d'eau.

avec une colonne B, sur les parois de laquelle ruiselle la saumure incongélable dont une partie s'évapore sous l'effet du vide entretenu par l'éjecto-condenseur, en abaissant la température de la portion restant liquide, qui est

refoulée par une pompe E, dans la tuyauterie de circulation.

La vapeur formée dans B, est entraînée par celle arrivant dans l'éjecteur A, et éliminée avec l'eau de condensation, par la pompe à vide V.

Cette machine frigorifique a, sur les autres, le grand avantage de ne fonctionner avec aucun gaz doué de propriétés chimiques plus ou moins dangereuses ; par contre, elle ne peut servir avantageusement, que pour l'obtention de froids modérés, car si on veut abaisser par trop la température de la saumure, on se trouve consommer une grande quantité de vapeur à l'éjecteur, le vide devant être de plus en plus parfait.

Ces machines conviennent parfaitement aux usages de la marine de guerre, pour le refroidissement des soutes à munition, car dans ce cas, la température de la saumure est maintenue à $+ 12^{\circ}$ seulement. Aussi, la marine française les emploie actuellement sur un grand nombre d'unités.

III. AFFINITÉ CHIMIQUE DE L'AMMONIAC POUR L'EAU

Nous avons vu que l'ammoniac se dissout en proportions considérables dans l'eau, qui en absorbe 1049 fois son volume à 0° . Mais, le coefficient de solubilité de l'ammoniac dans l'eau, diminue rapidement avec la température, et, si on chauffe une dissolution aqueuse d'ammoniac, le gaz dissout se dégage au fur et à mesure que la

température s'élève, et, à 140° , il n'en reste plus en dissolution.

C'est ce phénomène que Carré a utilisé pour la production du froid, et la fabrication de la glace, dans l'appareil représenté par la fig. 4.

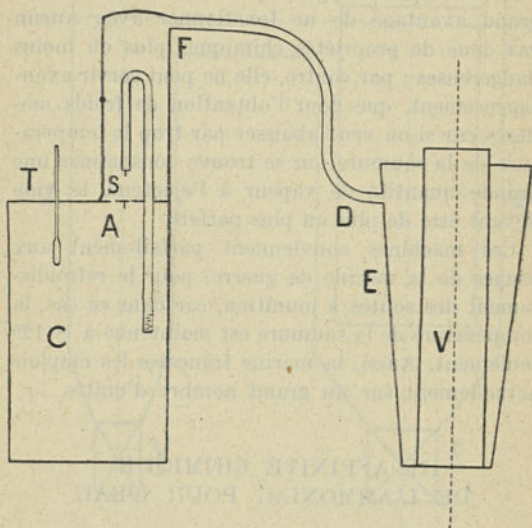


Fig. 4. — Machine à affinité de Carré.

On remplit aux trois-quarts, une chaudière C, d'une solution saturée d'ammoniac. On chauffe la chaudière, l'ammoniac dissout se dégage, et, soulevant la soupape A, se rend par le tuyau F D, dans le congélateur E, où il se liquéfie en majeure partie, sous sa propre pression.

Lorsque le thermomètre T, indique 150°, on éteint le feu, et on déplace l'appareil, pour plonger la chaudière C, dans un courant d'eau froide. Dès que la température de l'eau contenue dans C, commence à baisser, l'ammoniac soulevant la soupape S, retourne se redissoudre. Ce fait provoque la volatilisation de l'ammoniac liquéfié en E, et si on a mis en V de l'eau, cette eau cède à l'ammoniaque la chaleur nécessaire à sa vaporisation, et se congèle.

Cet appareil est un appareil de laboratoire, il n'a aucune application industrielle, ayant le grave défaut d'être discontinu.

Pour les applications industrielles, on se sert d'installations produisant le froid d'une façon continue, comme les machines à compression.

La fig. 5, représente schématiquement, une installation de ce genre.

En B, on a le *bouilleur*, rempli de la solution ammoniacale saturée. Cette solution est chauffée par un serpentin à vapeur, et le gaz qui se dégage, se rend dans le condenseur C, où il se liquéfie. Le passage du condenseur C, à l'*évaporateur* E, se fait par un robinet détenteur, comme dans les machines à compression.

De l'*évaporateur* E, le gaz se rend dans l'*absorbeur* A, où il se trouve en présence de la solution appauvrie venue de B, dans laquelle il se redissout. On facilite sa dissolution en absorbant la chaleur dégagée par ce phénomène, au moyen d'un serpentin dans lequel on fait circuler de l'eau froide. La dissolution, saturée à

nouveau, est refoulée par la pompe P, dans le bouilleur B.

Entre le bouilleur B, et l'absorbeur A, se trouve un appareil G, appelé *l'échangeur*, dont le rôle est le suivant :

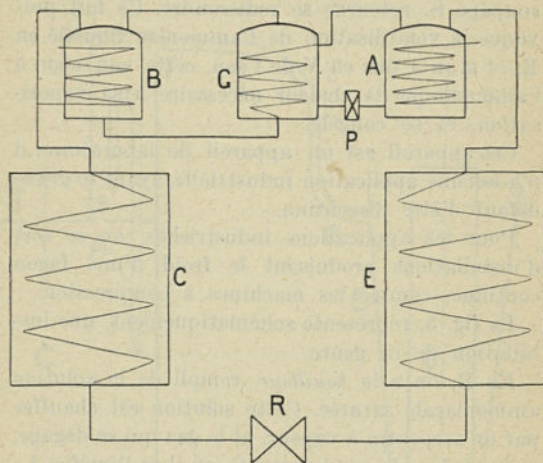


Fig. 5. — Schéma d'une installation de machine frigorifique à affinité.

La solution appauvrie et chaude provenant de B, traverse G dans un serpentin plongé dans la solution riche venant de A. Il en résulte que la solution pauvre se refroidit en cédant une partie de sa chaleur à la solution riche, qui arrive ainsi en B, à une température déjà élevée. On réalise ainsi le double but de récupérer la plus grande partie de la chaleur fournie à la solution

pour faire dégager le gaz, et de refroidir la solution pauvre venant en A, de façon à ce qu'elle dissolve la plus grande quantité possible d'ammoniaque, puisque son coefficient de solubilité varie en sens inverse de la température.

La machine à affinité ou à absorption est peu utilisée, son rendement n'atteignant pas celui des machines à compression. Il n'y a que dans les industries où on peut utiliser pour son fonctionnement la vapeur d'échappement des machines à vapeur, que l'on trouve parfois un certain avantage à s'en servir.

IV. MÉLANGES RÉFRIGÉRANTS

Les mélanges réfrigérants sont basés sur les réactions endothermiques (avec absorption de chaleur) produites par le mélange de certains corps.

C'est ainsi, que si l'on mélange parties égales de neige et de sel ordinaire, on obtient un abaissement de la température du mélange jusqu'à -15° , avec fusion de la glace. C'est cette réaction qu'utilisaient les glaciers ; c'est encore elle qui est utilisée l'hiver, pour faire fondre la neige dans les rues des grandes villes.

En dehors de ces applications, on a cherché depuis longtemps, à utiliser ces réactions, à la réfrigération des locaux, et nous pouvons citer notamment M. Eug. Velten, qui, avant l'invention des machines à gaz liquéfiables, avait cherché à refroidir des caves de brasserie, par une cir-

culution de saumure, maintenue à basse température, par un mélange réfrigérant.

Ces dernières années, on a repris ces idées, en cherchant à rendre ce phénomène utilisable dans un certain nombre de cas. Nous citerons ainsi, le système « Frigator », qui consiste essentiellement à faire circuler dans les locaux à refroidir, une solution de sel à basse température, obtenue en faisant passer la saumure sur de la glace.

Les applications de ce genre, ne peuvent prétendre s'étendre dans le domaine de la grande industrie, et ne seront jamais utilisées, que pour des cas restreints, et de petites installations.

CHAPITRE II

Fonctionnement des machines frigorifiques. Description des principaux types.

SOMMAIRE. — I. Théorie élémentaire du fonctionnement des machines frigorifiques. — II. Marche et réglage des machines à compression. — III. Machines à compression à anhydride sulfureux. — IV. Machines à compression à ammoniac. — V. Machines à compression à anhydride carbonique. — VI. Machines à compression rotatives. — VII. Machine à évaporation d'eau. — VIII. Machines à Affinité. — IX. Remarque sur les machines à chlorure de méthyle.

I. THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DU FONCTIONNEMENT DES MACHINES FRIGORIFIQUES

On désigne en général, sous le nom de Cycle, l'ensemble des opérations que l'on fait subir à un corps, pour l'amener d'un certain état à un autre et le ramener ensuite à son état initial, en lui faisant fournir, soit du travail, soit de la chaleur, etc...

Cycle de Carnot. Rendement théorique

L'un des cycles les plus intéressants, est le *Cycle de Carnot*, qui sert de base à la théorie des machines à vapeur, et dont l'application est constante en thermo-dynamique.

Nous allons l'étudier, tel que théoriquement, on le fait décrire par une machine à vapeur :

1° La vapeur, maintenue au contact du foyer, à une température T_1 , se détend, en étant aspirée dans le cylindre ; son volume augmente et sa pression diminue, mais sa température T_1 , ne change pas.

2° Le tiroir ferme l'admission de la vapeur ; elle continue de se détendre, et, n'étant plus en communication avec le foyer, sa température s'abaisse jusqu'à T_2 . La course avant du piston, est alors terminée.

3° A ce moment, on met la vapeur en contact avec le réfrigérant, dont la température est éga-

lement T_2 ; le piston commençant sa course arrière, on comprime la vapeur qui, par suite de sa communication avec le réfrigérant, restera à la température T_2 .

4° Pour fermer le cycle, on supprime la communication avec le réfrigérant, et on comprime la vapeur, jusqu'à ce qu'elle soit revenue à la température initiale T_1 . La course arrière est alors terminée.

Cette description du cycle de Carnot, qui est assez ardue, se comprend beaucoup mieux, par la représentation graphique (fig. 6 à 9).

On prend deux axes de coordonnées ; on porte en ordonnées (horizontalement) les volumes : OV , et en abscisses (verticalement) les pressions : OP .

Supposons que le point A , représente la vapeur en contact avec le foyer, à la température T_1 , la pression P , et de volume V . (fig.6.).

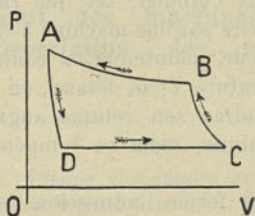


Fig. 6. — Cycle de Carnot.

Pendant la première phase du cycle, elle se détend en gardant sa température T_1 , et vient en B. A partir de ce moment, commence la deuxième phase. La vapeur, en se détendant toujours, ar-

rive au point C, à la température T_2 ; c'est alors que commence la course arrière. La vapeur étant comprimée à la température T_2 , du point C on passe en D; arrivée en D, la vapeur continue à être comprimée, jusqu'à ce qu'elle soit revenue à son point de départ A, à la température T_1 .

Cette représentation graphique, fait mieux comprendre l'ensemble des opérations, qui ramènent la vapeur à son point initial, après lui avoir fait accomplir un travail égal à la surface : A B C D.

Un autre avantage très important, que l'on a, à représenter ainsi le cycle de Carnot, c'est qu'on voit de suite, qu'il est réversible, c'est-à-dire, qu'il peut être parcouru en sens inverse que celui dans lequel nous venons de le parcourir.

En effet, on peut parfaitement supposer, que la vapeur étant remplacée par un fluide caractérisé de la même façon en A, on laisse détendre ce fluide jusqu'en D, sa température tombant de T_1 à T_2 . (fig. 7).

2° En D, on met le fluide en contact avec le réfrigérant, et on continue à le faire détendre, à cette température T_2 .

3° Arrivé en C, on coupe la communication avec le réfrigérant, et on comprime le fluide, ce qui amène sa température à T_1 .

4° En B, on continue à comprimer le fluide à la température T_1 , jusqu'à ce qu'on soit revenu au point A.

Le cycle que l'on réalise ainsi, n'est autre que le cycle d'une machine frigorifique.

Le gaz liquéfié dans le condenseur, est à la pression P et à la température T_1 . On ouvre le robinet détenteur, le fluide commence à se détendre en augmentant de volume. Lorsqu'il a traversé le robinet détenteur, sa température passe de T_1 à T_2 , température du réfrigérant, et il se vaporise. On aspire le fluide vaporisé, et on le comprime jusqu'à ce qu'il ait repris la température T_1 , température du condenseur ; sous l'ef-

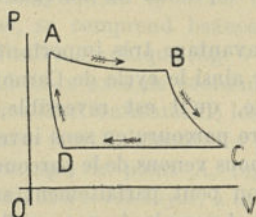


Fig. 7. — Cycle de Carnot.

fet de la compression, le fluide se liquéfie à nouveau, à la température T_1 . Il est revenu ainsi à son état initial ; c'est fini, le cycle est fermé.

Nous allons étudier maintenant, le fonctionnement des machines.

Soit :

Q_1 la quantité de chaleur absorbée au condenseur,

Q_2 la quantité de chaleur absorbée au réfrigérant,

T_1 la température absolue, du condenseur, c'est-à-dire comptée à partir de -273°C ,

T_2 la température absolue du réfrigérant

T_m le travail moteur du compresseur,

A l'équivalent calorifique du travail, inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Le premier principe de la thermodynamique, ou principe de l'équivalence, donné :

$$A \bar{\epsilon}_m - Q_1 + Q_2 = 0$$

Ou :

$$A \bar{\epsilon}_m = Q_1 - Q_2.$$

On peut écrire :

$$(1) \quad \frac{Q_2}{A \bar{\epsilon}_m} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}.$$

Or, le cycle de Carnot, a pour expression analytique :

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

Ou :

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

D'où l'on tire :

$$\frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Transportant cette expression dans (1), on a :

$$\frac{Q_2}{A \bar{\epsilon}_m} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Ou :

$$\frac{Q_2}{\bar{\epsilon}_m} = A \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Or, $\frac{Q_2}{T_m}$, est le rapport de la chaleur soustraite au réfrigérant, c'est-à-dire du froid produit, au travail moteur nécessaire pour sa production ; c'est le *rendement* de la machine.

On peut donc écrire :

$$\rho = A \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

Cette expression montre de suite plusieurs choses intéressantes :

1° Le rendement est indépendant de la nature de l'agent frigorifique employé, et ne dépend absolument, que des températures respectives du condenseur et du réfrigérant (1).

2° Plus l'écart entre les températures du condenseur et du réfrigérant : $T_1 - T_2$, augmente, plus le rendement diminue. Donc, comme on peut généralement considérer comme fixe la température du condenseur, au fur et à mesure que la température du réfrigérant s'abaissera, le rendement de la machine deviendra moins bon.

C'est pour cette raison, que les constructeurs indiquent toujours les températures au condenseur et au réfrigérant, auxquelles on devra déterminer le rendement, pour vérifier la garantie qu'ils donnent de ce dernier.

Or, le cycle de Carnot, est impossible à réaliser en pratique.

(1) On verra plus loin que l'on doit également tenir compte de la température du détendeur.

En effet, si nous considérons sa représentation graphique, les portions AB, et CD, sont des lignes dites isothermes, c'est-à-dire pendant le parcours desquelles, le corps mis en œuvre est constamment à la même température, elles correspondent aux phases pendant lesquelles le corps est en contact avec le réfrigérant ou le condenseur ; pour qu'elles soient exactement réalisées, il faut que les parois de la machine soient infiniment conductrices. Les portions BC, et DA, représentent des lignes adiabatiques, c'est-à-dire pendant le parcours desquelles, le corps considéré, subit des transformations sans perte ni gain de chaleur, ce qui suppose les parois de la machine imperméables à la chaleur.

Ces deux conditions, de conductibilité parfaite, puis d'imperméabilité absolue à la chaleur, pour les mêmes parois, rendent impossible, la réalisation du cycle de Carnot.

Le cycle réellement décrit par les machines à compression, est représenté par la fig. 8.

Aux points B et D, on voit que la courbe présente deux saillies prononcées, qui correspondent à l'ouverture des soupapes d'aspiration et de refoulement.

Le diagramme des machines à froid, s'obtient comme celui des machines à vapeur, au moyen d'un indicateur de Watt, placé sur le compresseur. Le travail dépensé pour le fonctionnement de la machine, est égal à la surface ABCD : c'est le *travail indiqué*. On l'évalue au planimètre, comme sur les diagrammes des machines à vapeur.

Les machines les mieux construites, donnent un rendement de 75 0/0 environ de leur cycle réel (70 0/0 de celui de Carnot).

On compte, en général, que l'on peut obtenir comme rendement pratique :

3400 frigories par cheval indiqué, pour les machines puissantes (100,000 frigories-heures).

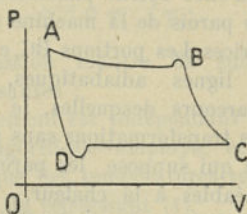


Fig. 8. — Diagramme d'une machine frigorifique à compression.

1.800 à 2.000 frigories par cheval indiqué, pour les petites machines.

L'examen des diagrammes fournis par un compresseur, est aussi intéressant pour découvrir les raisons de son mauvais fonctionnement, que celui des diagrammes d'une machine à vapeur.

Le diagramme n° 1 (fig. 9) indique par l'inclinaison de son adiabatique A D, que l'espace nuisible est trop grand.

Le diagramme n° 2, indique que les ressorts des soupapes sont trop forts, il en faut de plus faibles.

La disparition des proéminences aux points B et D comme dans le diagramme n° 3, indique que le

piston n'est pas étanche, ou que l'on a de fortes fuites aux soupapes.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur cet examen des diagrammes obtenus, parce qu'en général, on se sert fort peu de ce moyen d'investigation en pratique, et que l'on reconnaît d'où

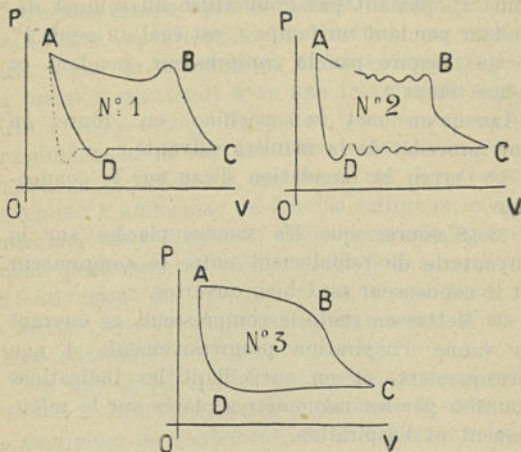


Fig. 9. — Diagrammes correspondants à différents défauts de marche.

proviennent les défauts dans le fonctionnement des machines, par l'observation des indications fournies par les appareils de mesure, ou par les différents organes de la machine.

Nous allons étudier maintenant, le réglage des machines à compression, pour obtenir une marche régulière, avec le rendement maximum.

II. MARCHE ET RÉGLAGE DES MACHINES
A COMPRESSION

La marche d'une machine frigorifique à compression est bien réglée, lorsque le poids de liquide P , passant par l'ouverture du robinet détenteur pendant un temps t , est égal au poids P' de gaz, aspiré par le compresseur, pendant ce même temps t .

Lorsqu'on met la machine en route, on doit procéder de la manière suivante :

1° Ouvrir la circulation d'eau sur le condenseur.

2° S'assurer que les vannes placées sur la tuyauterie de refoulement entre le compresseur et le condenseur sont bien ouvertes.

3° Mettre en route le compresseur, en ouvrant la vanne d'aspiration progressivement, et non brusquement, et en surveillant les indications fournies par les manomètres placés sur le refoulement et l'aspiration.

4° Ouvrir le robinet détenteur, et procéder au réglage de la machine comme nous allons le voir. Il ne faut pas craindre d'ouvrir le régulateur, et il vaut mieux être obligé de le refermer pour arriver à une bonne marche, que de laisser la machine fonctionner pendant longtemps avec trop peu de fluide.

On ne saurait procéder avec trop de soin à la mise en marche, car c'est presque toujours par suite de la précipitation avec laquelle on opère,

que les accidents se produisent. Il faut prendre l'habitude d'opérer méthodiquement, et de ne pas précipiter les manœuvres, ni les intervertir. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer l'importance particulière qu'il y a, par exemple, à ne pas mettre en route le compresseur, avant de s'être bien assuré que les vannes de refoulement sont bien ouvertes ; si on mettait en route une vanne de refoulement étant encore fermée, la pression monterait avec une très grande rapidité à chaque coup de piston, et provoquerait infailliblement la rupture d'une culotte ou d'un tuyau de refoulement, accident qui, avec des machines à ammoniac ou à acide sulfureux, peut entraîner mort d'homme. C'est pour cela également qu'en mettant en route, on doit surveiller attentivement les manomètres, et ne pas hésiter à arrêter, si celui de refoulement montait d'une façon anormale.

Dès que la machine est en marche régulière, on doit s'attacher à la régler de façon à obtenir le maximum de rendement, en se basant sur les indications fournies par les manomètres.

La pression indiquée par le manomètre placé sur l'aspiration, doit correspondre à une température du fluide aspiré, de 6° centigrades environ, plus basse, que la température du liquide incongelable du réfrigérant. Cette règle n'est pas absolue, elle correspond à la généralité des cas, et est admise par les différents constructeurs. Cependant, il peut arriver qu'avec des appareils particulièrement bien étudiés, et où l'échange des

températures est meilleur que celui admis comme moyenne, l'écart entre la température de la saumure et celle du gaz à l'aspiration, soit moins grand. C'est ainsi que nous avons fait fonctionner une installation de la Société Linde, où cet écart n'était que de 3° centigrades.

La pression au manomètre de refoulement, doit correspondre à une température θ , donnée par la formule :

$$\theta = \frac{t + t'}{2} + 10 \quad (1)$$

dans laquelle :

t est la température de l'eau à l'entrée au condenseur.

t' , est la température de l'eau à la sortie du condenseur.

Si au lieu d'avoir $P = P'$, on a $P < P'$, la quantité de fluide aspiré par le compresseur est plus grande que celle débitée par le robinet détenteur pendant le même temps ; la pression à l'aspiration commence à diminuer, et à descendre au-dessous de sa valeur normale. On se trouvera alors marcher en régime sec ou en surchauffe, ce qu'on reconnaîtra à ce fait, que la culotte de refoulement deviendra brûlante au toucher, on devra donc ouvrir davantage le robinet régulateur.

Si, au contraire, on a $P, > P'$, c'est-à-dire si le poids de liquide passant par le régulateur, est plus important que celui aspiré par le compresseur dans le même temps, on aura entraînement de

(1) Cette formule vraie pour l'ammoniac ne l'est pas tout-à-fait pour l'acide carbonique.

liquide dans le compresseur, qui givrera fortement. Dans ce cas, la puissance frigorifique de la machine diminue, parce que le fluide ne se vaporise qu'incomplètement dans le réfrigérant, et passe au compresseur, puis au condenseur, sans avoir subi le changement physique qui lui fait produire du froid. Il faut, dans ce cas, fermer le régleur, pour rétablir le régime normal.

Quand la température du liquide incongelable du réfrigérant varie, il est nécessaire de faire varier également l'ouverture du robinet-régleur.

Si la température du liquide incongelable baisse, le poids de fluide aspiré à chaque coup de piston sera plus grand, et il sera nécessaire d'ouvrir davantage le robinet-détenteur, pour continuer à marcher dans de bonnes conditions.

Si, au contraire la température du liquide vient à remonter, à chaque coup de piston, on aspirera un poids de fluide plus faible, et on devra, pour maintenir une bonne marche, fermer un peu le robinet régleur.

On voit quelle importance a le réglage de la machine, et comme il est nécessaire de veiller toujours à ce qu'il soit en rapport avec les variations qui peuvent se produire dans la marche, pour obtenir continuellement le rendement maximum.

Marche en vapeur saturée et en vapeur surchauffée.

Pendant longtemps, on a été partagé sur le point de savoir s'il était préférable de faire fonctionner les machines, en aspirant au compresseur

de la vapeur saturée, ce qui caractérise ce qu'on appelle le *régime humide*, ou en aspirant de la vapeur surchauffée, caractéristique du *régime sec*.

Nous rappelons que l'on entend par vapeur saturée, une vapeur qui est en contact avec un excès du liquide générateur, et par vapeur surchauffée, une vapeur qui n'est plus en contact avec le liquide générateur.

Dans le cas qui nous occupe, la marche en régime sec, ou en vapeur saturée, consiste à aspirer au compresseur un mélange de vapeur et de liquide du fluide frigorigène ; la marche en vapeur surchauffée, ou régime sec, correspond à n'aspirer que de la vapeur, ou, tout au moins, un mélange très pauvre en liquide.

Jusqu'à ces dernières années, les théoriciens, les Allemands en particulier, étaient partisans convaincus de la supériorité de la marche en régime humide. Les Américains, qui, en général, s'embarrassent peu de considérations théoriques, ont toujours été partisans de la marche en régime sec, à laquelle ils reconnaissent l'avantage de fournir un rendement supérieur.

La pratique a décidé en dernier ressort, et les théoriciens se sont rendus à l'évidence, et ont fini par reconnaître la supériorité du régime sec.

- Il en est résulté, qu'on construit aujourd'hui des machines spécialement étudiées, pour la marche en surchauffe.

A quoi correspondent, en pratique, le régime humide, et le régime sec ?

Lorsque l'on marche en régime humide, on a

les culottes d'aspiration du compresseur givrées, et celles de refoulement tièdes à la main, c'est-à-dire à 40° ou 45°.

En régime sec, les culottes d'aspiration sont givrées, mais celles de refoulement sont brûlantes, on les règle à 80° environ.

On peut, avec la même machine, obtenir la marche en régime sec ou en régime humide, rien qu'en agissant sur le régleur, mais c'est là un mauvais système pour obtenir la surchauffe. Nous avons vu plus haut, que, dans ce cas, on notait une pression à l'aspiration plus faible que ce qu'elle devrait être normalement, et nous avons signalé ce fait comme indice d'une mauvaise marche. Dans les machines construites spécialement en vue de la marche en régime sec, la pression à l'aspiration est toujours normale.

Donc, quand on veut bénéficier des avantages de cette dernière méthode de fonctionnement, on doit employer une machine pourvue d'organes spéciaux permettant la marche en surchauffe, réglée et régulière.

La Société Linde, construit des machines, dont le rendement frigorifique est augmenté de 20 0/0, par la surchauffe. Nous les étudierons plus loin en détail.

Avec ces machines, on commence par régler la marche en régime humide comme pour une machine ordinaire. On ne passe à la marche en surchauffe, que quand le régime est bien établi, et quand la température au réfrigérant ne risque plus de présenter de variations notables. Cette

marche n'est du reste pratique et avantageuse que pour une fabrication continue, comme, par exemple, celle de la glace l'été, où le bain incongelable varie très peu de température ; si on a de grandes variations de régime, il faut surveiller de très près la surchauffe, pour éviter qu'elle ne dépasse les limites où elle n'est pas dangereuse, et ne pas risquer un échauffement de la tige du compresseur, et alors la conduite devient trop délicate pour être intéressante. En régime stable, elle n'est au contraire pas plus difficile que la conduite des machines ordinaires.

Pour compléter ce que nous venons de dire relativement à la mise en route, et au réglage des machines à compression, nous indiquons également les manœuvres à faire pour leur arrêt :

- 1° Fermer le robinet régleur ;
- 2° Fermer la vanne d'aspiration ;
- 3° Arrêter le compresseur. — Il faut l'arrêter aussitôt que la vanne est fermée, pour éviter les rentrées d'air par le presse-étoupes de la tige du piston.
- 4° Fermer l'eau sur le condenseur.

Nous ferons remarquer, que tout ce que nous venons de dire, concernant la mise en marche, le réglage et l'arrêt des machines à compression, s'applique, en général, aux machines des différents constructeurs, actuellement en usage ; mais il est toujours nécessaire, lors d'une installation, de se faire donner, par le constructeur, tous les renseignements nécessaires pour conduire les machines dans les meilleures conditions de fonctionnement, et éviter les accidents pouvant résulter de fausses manœuvres.

De même, nous allons donner pour les principaux types de machines, des indications sur les manœuvres qu'on peut être appelé à exécuter avec, et sur les accidents qui peuvent y survenir, et les moyens d'y remédier.

Nous choisirons pour chaque système (anhydride sulfureux ; ammoniac ; anhydride carbonique), les machines qui sont les plus répandues, et qui, en quelque sorte sont classiques, toutes les autres en dérivant plus ou moins, mais ce que nous dirons ne devra être considéré que comme une série d'indications tout à fait générales, et on devra toujours en demander de très précises, au constructeur, concernant tous les cas anormaux qui peuvent se présenter dans la marche et la conduite de ses machines.

III. MACHINES A COMPRESSION A ANHYDRIDE SULFUREUX

C'est Raoul Pictet, qui a, le premier, établi des machines fonctionnant avec l'anhydride sulfureux. Nous allons décrire le type de machine construit actuellement.

Ces machines, qui sont très employées en France particulièrement en Brasserie, sont des machines horizontales. On les accouple fréquemment en tandem avec le moteur à vapeur. On peut dans ce cas, désaccoupler le compresseur, les tiges du piston de la machine à vapeur, et de celui du compresseur étant accouplées par un plateau divisé en deux moitiés réunies par des boulons. Cette

disposition, a l'avantage de permettre de faire fonctionner la machine à vapeur sans le compresseur, ce qui est très utile pour des usines comme

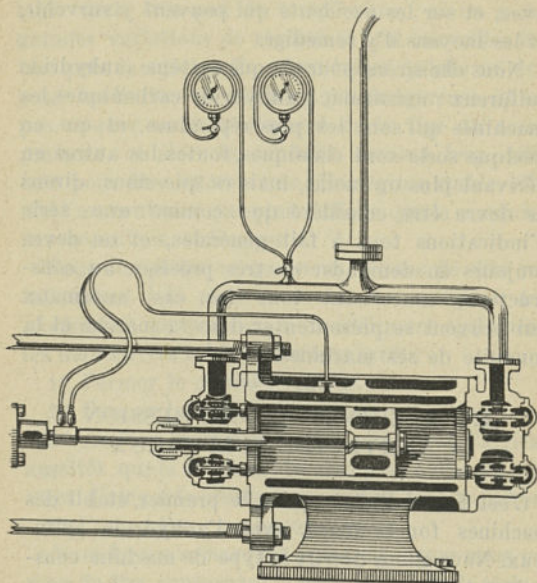


Fig. 10. — Compresseur R. Pictet.

les brasseries, où on n'a généralement qu'un seul moteur pour toute l'usine, et où pendant une bonne partie de l'année, on ne fait fonctionner la machine à froid que par intermittences.

MUSEE
COMMERCIAL

Cylindre compresseur.

Le compresseur est constitué par un cylindre semblable à celui d'une machine à vapeur ; de même, le piston est en fonte avec des segments élastiques, comme celui d'une machine à vapeur ; il est plat, comme le sont également les deux fonds du cylindre.

Le compresseur est à double enveloppe ; en marche, cette double enveloppe est constamment parcourue par un courant d'eau, destiné à empêcher son échauffement. Il n'y a, en effet, aucun organe de graissage de prévu pour ce dernier, l'anhydride sulfureux ayant une action destructive sur toutes les huiles, et étant, par lui-même, légèrement lubrifiant.

Il faut avoir soin, quand on arrête la machine pendant l'hiver, de purger complètement la double enveloppe, pour que l'eau ne s'y congèle pas, ce qui briserait le compresseur.

Dans les fonds arrière et avant de ce dernier, sont placés les clapets d'aspiration et de refoulement, au nombre de 4 sur chaque fond : 2 clapets d'aspiration ; 2 clapets de refoulement. Chacun d'eux est logé dans une boîte à clapet.

Les clapets d'aspiration (fig. 11), sont en acier, Le ressort du clapet est faible, il exerce, au repos, une pression de $1/20^e$ d'atmosphère, au plus, sur la surface du disque obturateur.

Un croisillon arrête le clapet dans sa course, et l'empêche également de tomber dans le cylindre, en cas de rupture. De même, le

ressort à boudin est logé dans une gaine qui en retient les fragments lorsqu'il vient à se briser.

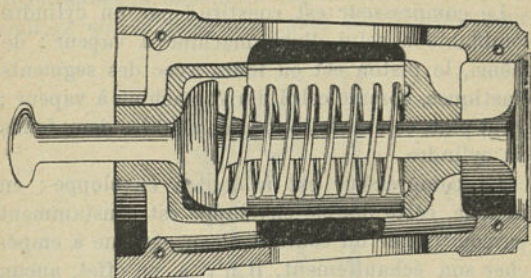


Fig. 11. — Clapet d'aspiration.

Les clapets de refoulement (1) fig.12) sont cons-

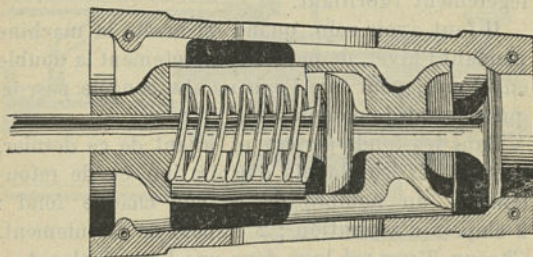


Fig. 12. — Clapet de refoulement.

truits sur le même principe que ceux d'aspiration. Le ressort doit exercer sur la section de sortie des

(1) Au Congrès de Toulouse en 1912, la Société Pictet a présenté un nouveau type de clapets silencieux permettant la marche à grande vitesse.

gaz, une force correspondant à $1/10^e$ d'atmosphère.

Les boîtes des clapets d'aspiration et de refoulement sont reliées par des culottes, portant des brides d'attente pour le tuyau d'aspiration d'un côté, et le tuyau de refoulement de l'autre.

Sur les deux culottes, sont placés deux robinets, servant au raccordement des manomètres d'aspiration et de refoulement. En dessous des culottes sont placés deux robinets semblables. Celui placé sur la culotte d'aspiration, sert à aspirer l'air, pour essayer l'installation à l'air comprimé, lors du montage. Celui placé sur la culotte de refoulement, permet de *vider le compresseur* et les conduites de refoulement du gaz qu'ils contiennent, en cas de réparation.

Voici comment on opère pour cette manœuvre :

Le compresseur étant arrêté, et les robinets d'aspiration et de refoulement fermés, on fixe sur le robinet de la culotte de refoulement, un tuyau de caoutchouc, dont l'extrémité plonge dans un seau d'eau, puis on ouvre le robinet avec précaution. Le gaz se dégage, en se dissolvant dans l'eau, que l'on change de temps en temps, et ainsi on vide le compresseur, sans aucun inconvénient ni risque. Cette opération se fait assez souvent, en particulier, chaque fois qu'on veut refaire complètement la garniture du presse-étoupes de la tige du piston du compresseur.

Ce **presse-étoupes** (fig. 13) est généralement garni avec des bagues spéciales fournies par le constructeur. Ces bagues doivent être trempées

dans la paraffine avant d'être mises en service.

On peut aussi employer des garnitures de coton talqué, trempé dans la paraffine pendant plusieurs heures.

En tous cas, on doit faire le presse-étoupes avec le plus grand soin, pour éviter les pertes d'acide, et le grippage de la tige. On ne doit le serrer qu'à la main, jamais à la clef, à moins de fuite importante, mais encore, ne faut-il, dans ce cas, serrequer très modérément.

La tige du piston (fig. 13), présente la particularité

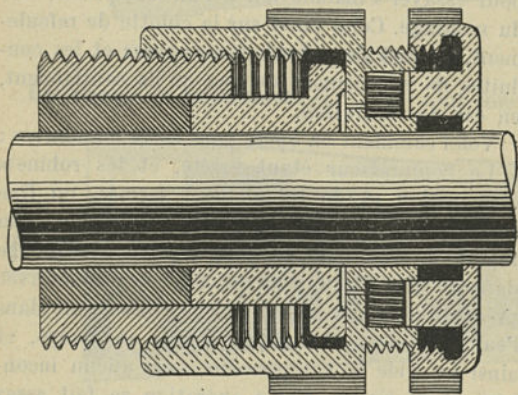


Fig. 13. — Presse-étoupes.

rité d'être creuse, L'eau, qui a circulé dans la double enveloppe du cylindre, pénètre dans la tige par une tubulure, va jusqu'au piston, grâce à un diaphragme longitudinal placé dans la tige, puis revient sortir par une deuxième tubulure

placée à côté de celle d'entrée. Les deux tubulures de la tige, sont reliées par des tuyaux de caoutchouc, la première au tuyau d'arrivée de l'eau, la deuxième, au tuyau d'évacuation.

Le presse-étoupes de la tige du piston, est graissé avec une graisse spéciale, ou simplement au suif.

Si le graissage a fait défaut, et que la tige du piston vienne à chauffer, la circulation d'eau ne se fait plus. En effet, l'eau échauffée dans la tige émet de la vapeur, qui forme des poches : a, b, (fig. 14) qui donnent naissance à ce qu'on appelle

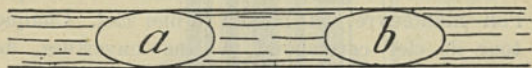


Fig. 14.

en physique le phénomène de l'embolie, et empêchent l'eau de continuer à circuler. Dans ce cas, il n'y a qu'à arrêter la machine, en laissant l'eau en charge sur la tige ; au bout de peu de temps, la tige se refroidissant, l'eau recommence à couler, et la refroidit complètement.

Nous nous sommes arrêté à cet accident de marche, parce que lorsqu'il se produit, on attribue souvent l'échauffement de la tige, à l'arrêt de la circulation de l'eau, alors que c'est le contraire qui est vrai. La cessation de la circulation est, dans ce cas, due à un manque de graissage.

Si, après avoir laissé refroidir la tige, on ne pouvait rétablir la circulation de l'eau, c'est qu'il y

aurait une obstruction, et alors le cas serait tout différent.

Notons que la Société Pictet, supprime maintenant la circulation d'eau dans la tige, et en assure le graissage.

Condenseur (*Fig. 15*).

Le condenseur est une chaudière tubulaire en cuivre, placée verticalement. L'eau de circulation arrive par le bas, et passe dans les tubes.

Robinet-Régleur (*Fig. 16*).

Le robinet-régleur est un robinet à vis que l'on manœuvre, au moyen d'une clef. Chaque tour de clef correspond à une ouverture de 1 millimètre.

Sur le côté du régleur, se trouve un robinet en communication avec la canalisation allant au réfrigérant, et qui sert à l'introduction de l'anhydride dans la machine. Son ouverture extérieure est filetée, pour permettre d'y visser le raccord d'un tuyau dont l'autre extrémité est vissée sur la bonbonne d'anhydride liquide. On emploie généralement un tuyau de plomb.

Réfrigérant (*Fig. 17 et 18*).

Le réfrigérant se compose de deux réservoirs : A, A en communication avec deux autres : B, B' par les tubes : C, C'.

L'anhydride liquide arrive par le tube T dans les réservoirs A A, et est aspiré par le haut, de sorte que B et B' sont des réservoirs de vapeur.

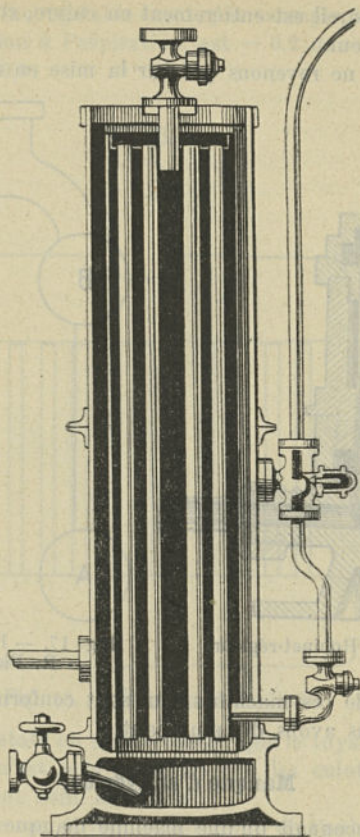


Fig. 15. — Condenseur Pictet.

L'appareil est entièrement en cuivre, comme le condenseur.

Nous ne revenons pas sur la mise en route et

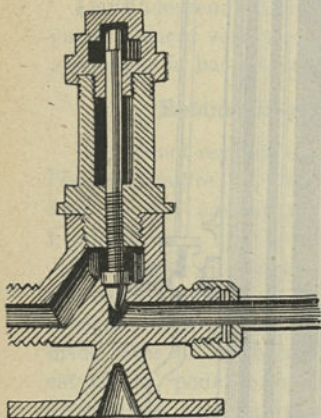


Fig. 16. — Robinet-régleur.

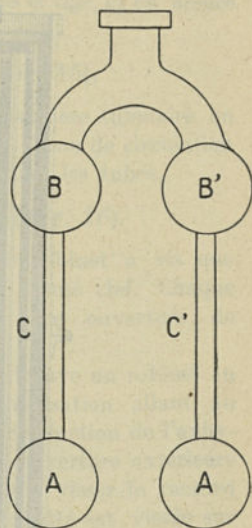


Fig. 17. — Réfrigérant R. Pictet.

l'arrêt de ces machines, qui sont conformes à ce que nous avons dit plus haut.

Manque d'anhydride.

On reconnaît qu'une machine manque d'anhydride, quand, le régleur étant ouvert en grand, la pression à l'aspiration, est inférieure à ce qu'elle devrait être normalement. Ainsi, la température

du bain incongelable étant, par exemple de -4° , la pression à l'aspiration, est $-0,2$ ou $-0,3$, au lieu de $0,0$.

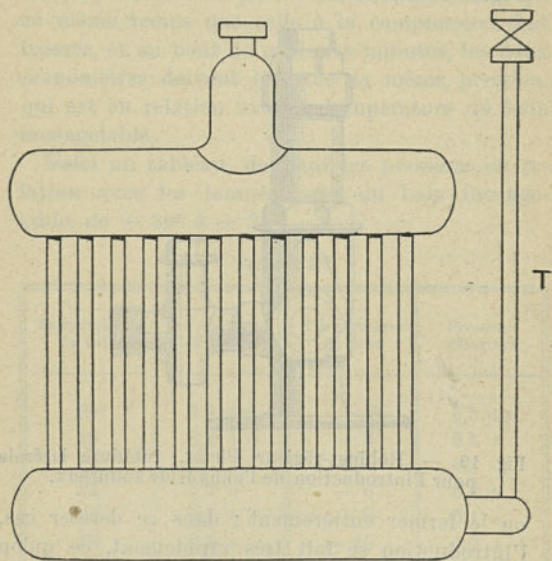


Fig. 18. — Réfrigérant R. Pictet.

On constate en même temps, que le tuyau d'aspiration n'est plus givré, et que les culottes de refoulement sont brûlantes.

Dans ce cas, il faut réintroduire de l'anhydride dans la machine, et on procède de la façon suivante :

La machine étant en marche, on place la bonbonne d'anhydride liquéfié sur une bascule, et

on la relie à la tubulure placée sur le côté du robinet régleur, au moyen d'un tuyau de plomb.

On ouvre le robinet de la bonbonne, et le robinet (Fig. 19). On peut laisser le robinet-régleur ouvert,

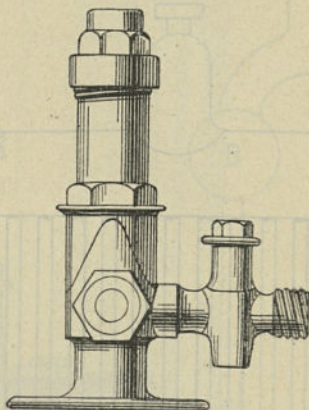


Fig. 19. — Robinet-régleur Pictet, tubulure latérale pour l'introduction de l'anhydride sulfureux.

ou le fermer entièrement ; dans ce dernier cas, l'introduction se fait très rapidement, ce qu'on constate par la perte de poids de la bonbonne.

Quand on est suffisamment chargé, la conduite d'aspiration du réfrigérant au compresseur doit être givrée. Si les culottes d'aspiration givrent également, c'est que l'on a trop d'anhydride, et il faut en retirer.

On ne doit avoir besoin de réintroduire d'anhydride dans la machine, que très rarement, si le presse-étoupes est bien fait, et bien entretenu.

C'est là une question de soin, de la part de l'ouvrier qui conduit la machine.

Rentrées d'air. — Lorsque la machine est arrêtée, la pression à l'aspiration doit monter aussitôt, en même temps que celle à la compression doit baisser, et au bout de quelques minutes, les deux manomètres doivent indiquer la même pression, qui est en relation avec la température du bain incongelable.

Voici un tableau, donnant les pressions, en relation avec les températures du bain incongelable, de + 30° à - 25°.

TABLEAU III

Températures du bain	Pressions effectives	Températures du bain	Pressions effectives
30°	3,5 atm.	0°	0,5 atm.
28	3,2 »	- 2	0,4 »
26	3 »	- 4	0,3 »
24	2,7 »	- 6	0,2 »
22	2,5 »	- 8	0,1 »
20	2,2 »	- 10	0,0 »
18	2 »	- 12	0,1 »
16	1,8 »	- 14	0,2 »
14	1,6 »	- 16	0,2 »
12	1,4 »	- 18	0,3 »
10	1,2 »	- 20	0,3 »
8	1,1 »	- 22	0,4 »
6	0,9 »	- 24	0,5 »
4	0,8 »	- 25	0,5 »
2	0,6 »		

Quand on a arrêté la machine, si la température du bain, est, par exemple, de 0° , les deux manomètres doivent s'arrêter au bout de quelques minutes, à 0 atm.,5. S'ils s'arrêtaient à une pression supérieure, 0,7 ou même 1, c'est qu'on aurait certainement de l'air dans la machine. Cet air rentre généralement par le presse-étoupes de la tige du piston du compresseur.

Lorsqu'on a constaté la présence de l'air, il est nécessaire de le purger. Dans ce cas, en effet, la machine ne fournit plus son rendement maximum, et absorbe plus de force, la pression s'élevant à la compression.

Pour purger l'air, on met la machine en marche un quart d'heure environ, pour aspirer tout l'air qui pourrait être dans le réfrigérant, et le refouler dans le condenseur. On ferme le régléur complètement 5 minutes à peu près avant d'arrêter la machine. Une fois le compresseur arrêté, on ferme le robinet de la conduite d'aspiration.

Tout l'air qui était dans la machine, se trouve alors enfermé dans le condenseur. On continue à faire circuler l'eau dans cet appareil, et on liquéfie ainsi tout l'anhydride, ce qu'on reconnaît quand le manomètre de refoulement est devenu stationnaire.

Alors, on ouvre le régléur, pour faire passer tout l'anhydride liquide du condenseur, dans le réfrigérant. Tant que le liquide coule, l'aiguille du condenseur reste fixe, mais dès que le liquide est passé la pression commence à diminuer ; il faut aussitôt fermer rapidement le régléur, pour éviter que

l'air ne passe à nouveau dans le réfrigérant. On place alors un tuyau sur le robinet de purge de la culotte de refoulement, et on laisse échapper l'air contenu dans le condenseur, dans l'atmosphère, hors de la salle des machines, ou dans un seau d'eau, qui dissout les vapeurs d'anhydride pouvant y être mélangées. Cette opération terminée, on remet la machine en marche, et on doit constater que les manomètres donnent des indications normales.

Bris des soupapes.

Si une soupape d'aspiration vient à se briser, on constate que le manomètre, au lieu de donner deux pulsations par tour de machine, n'en donne qu'une seule, avec de fortes amplitudes.

Dans le cas où c'est une soupape de refoulement qui vient à se briser, c'est le manomètre de refoulement qui ne donne plus qu'une seule oscillation par tour.

En plus de ces indications des manomètres, on entend un bruit irrégulier des soupapes ; on peut même pour se rendre compte de celle qui est brisée, appuyer sur le chapeau des boîtes à clapet, un objet en fer, une clef par exemple, que l'on tient entre les dents, en se bouchant les oreilles. On perçoit alors très nettement les bruits des soupapes, malgré celui de l'usine, et on se rend compte de suite, de celle qui fonctionne mal.

Fuites au condenseur.

Il peut arriver que le condenseur soit percé,

et alors une partie de l'anhydride se dissout dans l'eau de circulation. On constate ce fait, en trempant dans cette eau, un papier de tournesol bleu ; s'il ne change pas de couleur, il n'y a pas d'acide dans l'eau ; s'il rougit, c'est qu'il y a de l'acide dans l'eau. Il faut faire réparer aussitôt le condenseur.

Pour rechercher les fuites, sur les joints, brides, etc., on se sert d'eau de savon, que l'on met sur les places à explorer ; s'il y a une fuite, on voit se former de petites bulles.

Obstruction.

Il peut se produire également des obstructions, particulièrement dans la conduite du condenseur au réfrigérant, par suite d'un débris de la garniture du presse-étoupes du robinet-régleur, qui s'engage dans cette conduite, et la bouche, empêchant le passage de l'anhydride liquide. Dans ce cas, on ferme les robinets sur le condenseur et le réfrigérant, et on démonte la tuyauterie, que l'on débouche.

Manomètres.

On a pu voir par tout ce qui précède, de quelle importance sont les indications fournies par les manomètres placés sur la machine. Ce sont en somme, les seules données exactes de la bonne ou de la mauvaise marche, du bon ou du mauvais état des appareils. Il est donc de la plus haute importance, de s'assurer de temps en temps, de la valeur de leurs indications. Ces appareils peuvent,

en effet, se dérégler, et présenter, en particulier, un déplacement du zéro.

Pour vérifier ce point, il suffit de dévisser les manomètres, après avoir fermé les robinets correspondants aux culottes d'aspiration ou de refoulement. Quand l'appareil est ainsi à la pression atmosphérique, l'aiguille doit s'arrêter au zéro.

Si le zéro n'est déplacé que de peu de chose, on peut se servir du manomètre, en tenant compte de ce fait dans les observations.

Si le zéro est déplacé notablement, il faut remplacer l'appareil, pour ne pas s'exposer à marcher sur de fausses indications. On pourra du reste, faire réparer le manomètre et s'en servir à nouveau ensuite.

IV. MACHINES A COMPRESSION A AMMONIAC

Nous étudierons comme type, la machine système Linde, qui est arrivée à un degré de perfection, qui sera difficilement dépassé, et qui sert de type au plus grand nombre de constructeurs.

Les machines Linde, sont du type horizontal ; elles sont généralement accouplées directement au moteur, la manivelle de la bielle du moteur, et celle de la bielle du compresseur, étant calées aux deux extrémités de l'arbre de couche.

Pour les grandes puissances frigorifiques, on construit des compresseurs doubles commandés par un seul moteur. C'est le cas des machines de 400.000 frigories-heures.

Compresseur.

Le compresseur est formé par un cylindre terminé par deux calottes sphériques, sur lesquelles sont placées les soupapes d'aspiration et de refoulement.

La forme des calottes a été déterminée par la nécessité de réduire au minimum l'espace nuisible ; on arrive ainsi à ce qu'il ne dépasse pas $0^m/m,5$.

Dans les petites machines, les fonds de cylindre portent 1 soupape d'aspiration, et 1 soupape de refoulement.

Dans les machines de grandes puissances, comme les compresseurs doubles, on place 2 soupapes d'aspiration et 2 de refoulement sur chaque fond de cylindre. Pour y arriver, on augmente le diamètre des calottes avant et arrière, par rapport à celui du cylindre, et on obtient ainsi une section maximum pour les soupapes.

Piston. — Le piston a ses deux faces hémisphériques, de façon à s'adapter exactement aux fonds de cylindre.

Soupapes d'aspiration. — Les soupapes d'aspiration sont placées dans une glissière, où leur course est limitée et réglée par un coussin d'air d'une part, et, d'autre part, par un ressort à boudin.

Soupape de refoulement. — Elles sont du même type que celles d'aspiration, leur jeu étant limité par un ressort à boudin, et par un coussin d'air également.

Presse-étoupes. — Au fond des presse-étoupes, on place une bague en métal blanc, puis on le remplit avec des rondelles de tresse de coton, que l'on doit toujours tremper plusieurs heures avant de s'en servir, dans de l'huile inconge- lable.

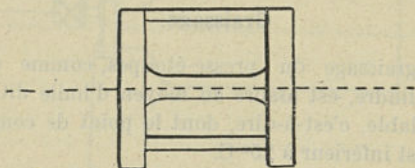


Fig. 20. — Lanterne de presse-étoupes.

Au milieu du presse-étoupes, on place une *lanterne*, (fig. 20), produisant une accumulation d'huile, qui forme joint étanche.

Le presse-étoupes est terminé par une rondelle de caoutchouc, sur laquelle presse le fouloir, qui ne doit être serré que très modérément.

On recommande de ne pas placer de caoutchouc au fond du presse-étoupes, ni sur les faces de la lanterne, pour éviter que par sa dissolution dans l'huile, il ne se produise d'obstructions dans les conduites.

Quand on serre le presse-étoupes, on doit s'assurer qu'on le fait bien également sur toute la surface, au moyen d'un compas maître de danse. Si on serrait inégalement, on amènerait fatale

ment un grippage de la tige du piston du compresseur.

On emploie également au lieu de coton et de caoutchouc, des garnitures en métal antifriction, qui donnent d'excellents résultats. Elles ont l'inconvénient d'être d'un prix élevé, mais leur durée compense largement ce défaut

Graissage.

Le graissage du presse-étoupes, comme celui du cylindre, est assuré au moyen d'huile dite in-congelable, c'est-à-dire, dont le point de congélation est inférieur à 25° C.

Ce graissage entraîne des complications sérieuses de la machine.

En effet, l'huile employée au graissage du compresseur, est entraînée par l'ammoniac, dans la conduite de refoulement, et, de là, se rendrait dans le condenseur, puis dans tout le circuit, où elle causerait de grands ennuis, comme nous le verrons plus loin, si on ne prenait soin de l'éliminer.

Pour cette élimination, on emploie un séparateur d'huile, qui est un réservoir de fonte placé à la sortie de la culotte de refoulement, au fond duquel l'huile entraînée tombe et s'accumule, alors que l'ammoniac se rend dans le condenseur. On fait passer l'huile ainsi recueillie, dans un deuxième récipient appelé rectificateur, en communication avec la conduite d'aspiration, de telle sorte qu'en ouvrant le robinet *a*, l'ammoniac entraîné par l'huile se dégage, et retourne à l'aspira-

ration. On retire l'huile débarrassée d'ammoniac, par le robinet *c*.

En-général, le passage de l'huile du séparateur

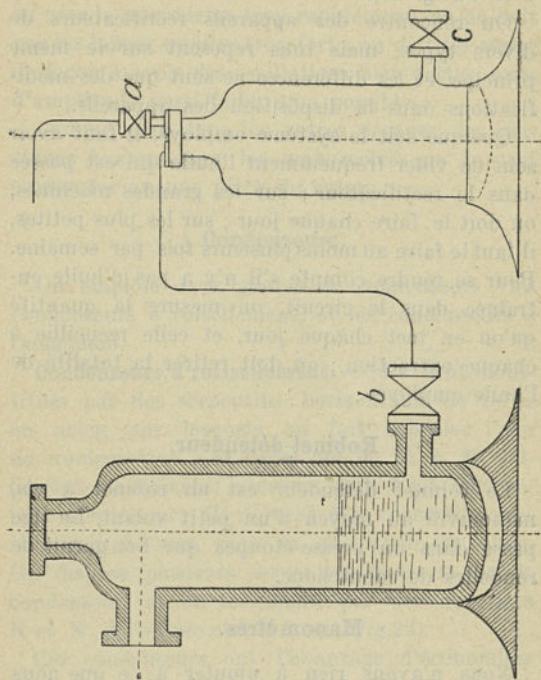


Fig. 21. — Séparateur d'huile.

dans le rectificateur se fait automatiquement, au moyen d'un robinet tournant, et on n'a à s'occuper que de la vidange de l'huile.

Dans les machines n'ayant pas de robinet tour-

nant, mais fonctionnant avec le dispositif que nous avons décrit plus haut, il faut avoir soin de ne jamais ouvrir en même temps, les robinets *b* et *a* (fig. 21).

On rencontre des appareils rectificateurs de divers types, mais tous reposent sur le même principe, et les différences ne sont que des modifications dans la disposition des appareils.

Quelque soit le système employé, il faut avoir soin de vider fréquemment l'huile qui est passée dans le rectificateur ; sur les grandes machines, on doit le faire chaque jour ; sur les plus petites, il faut le faire au moins plusieurs fois par semaine. Pour se rendre compte s'il n'y a pas d'huile entraînée dans le circuit, on mesure la quantité qu'on en met chaque jour, et celle recueillie à chaque extraction ; on doit retirer la totalité de l'huile employée.

Robinet-détendeur.

Le robinet détendeur est un robinet à vis, manœuvré au moyen d'un petit volant. La tige passe dans un presse-étoupes que l'on garnit de rondelles de caoutchouc.

Manomètres.

Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons déjà dit à ce sujet, en parlant des machines à anhydride sulfureux.

Les manomètres portent toujours une double division, indiquant les températures du fluide

frigorigène correspondant aux pressions à l'aspiration ou au refoulement.

On doit toujours veiller à ce que ces appareils fonctionnent bien ; pour ne pas les dérégler, ou en user le mécanisme trop rapidement, on ne doit pas les laisser osciller trop fort ; on doit les régler de façon à avoir des oscillations bien nettes, mais d'amplitude aussi faible que possible.

Comme pour tous les autres organes des machines à ammoniac, les manomètres ne doivent comporter aucune pièce de cuivre.

Condenseurs.

On emploie deux genres de condenseurs ; les condenseurs à ruissellement, et les condenseurs à immersion.

Condenseurs à ruissellement. — Ils sont constitués par des serpentins horizontaux, de tubes en acier, sur lesquels on fait ruisseler l'eau de condensation. Ces tubes ont de 25 à 30 millimètres de diamètre intérieur, et de 3 à 5 millimètres d'épaisseur. Ils doivent être construits avec beaucoup de soin, pour ne pas avoir de fuites. On dispose plusieurs serpentins pour un même condenseur, et on les réunit par des nourrices N et N', à l'entrée et à la sortie (*fig. 22*).

Ces condenseurs ont l'avantage d'économiser l'eau de condensation, parce que cette eau se vaporise partiellement, surtout l'été, quand l'air est sec, en absorbant sa chaleur de vaporisation, soit 600 calories par kilogramme.

Cependant, le ruissellement de l'eau ne se fait

jamais bien régulièrement sur la surface des tubes, et, de plus, l'évaporation d'une portion de l'eau produit un dépôt de tartre à l'extérieur des tubes, qui rend les échanges de températures mauvais. Le rendement n'est donc pas très bon, et ces condenseurs, sont de moins en moins employés.

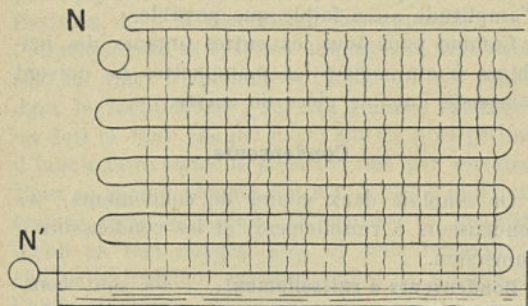


Fig. 22. — Schéma d'un condenseur à ruissellement.

Condenseurs à immersions (*fig. 23*). — Ces appareils se composent de plusieurs serpentins verticaux réunis par les nourrices N, N' ; placés dans une cuve. Ces serpentins sont construits en tubes d'acier comme ceux des condenseurs à ruissellement. L'eau arrive par le haut de la cuve, dans un compartiment central, autour duquel sont disposés les serpentins ; elle passe ensuite autour de ceux-ci, en arrivant par le bas, puis, sort par le haut de la cuve au moyen d'un trop plein. Elle a ainsi parcouru le compartiment des serpentins de bas en haut, c'est-à-dire, en sens inverse du

fluide frigorigène, qui arrive par la nourrice du haut.

Ces condenseurs utilisent mieux l'eau em-

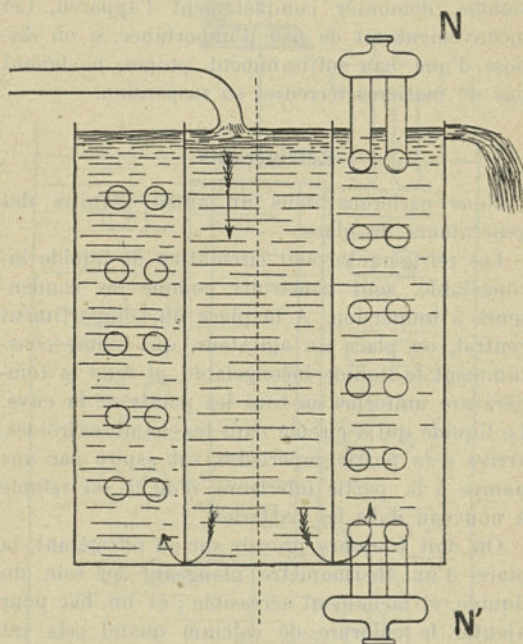


Fig. 23. — Schéma d'un condenseur à immersion.

ployée, que ceux à ruissellement, et pour une eau de condensation de température égale, on a de moins fortes pressions à la compression. Ils ont l'inconvénient d'exiger beaucoup d'eau, n'ayant

pas d'évaporation partielle de celle-ci, et d'être beaucoup plus difficiles à nettoyer, car pour le faire, il faut sortir les serpentins de la cuve, et en somme, démonter complètement l'appareil. Cet inconvénient est de peu d'importance, si on dispose d'une eau suffisamment propre, ne tenant pas de matières terreuses en suspension.

Réfrigérants.

Nous parlerons dans un autre chapitre des générateurs de glace.

Les réfrigérants pour circulation de liquide in-congelable, sont construits comme les condenseurs à immersion. A la place du compartiment central, on place un agitateur, qui remue constamment le liquide in-congelable, et rend la température uniforme en tous les points de la cuve. Le liquide qui a circulé dans les chambres froides, arrive à la partie supérieure, est aspiré par une pompe à la partie inférieure, d'où il est refoulé à nouveau dans les batteries.

On doit toujours prévoir sur un réfrigérant, la place d'un thermomètre plongeant au sein du liquide, et facilement accessible ; et un bac pour ajouter le chlorure de calcium quand cela est nécessaire, et ramener la densité du bain à sa valeur normale.

Manque d'ammoniac.

Le manque d'ammoniac se reconnaît, à ce que le régleur étant ouvert en grand, la pression à

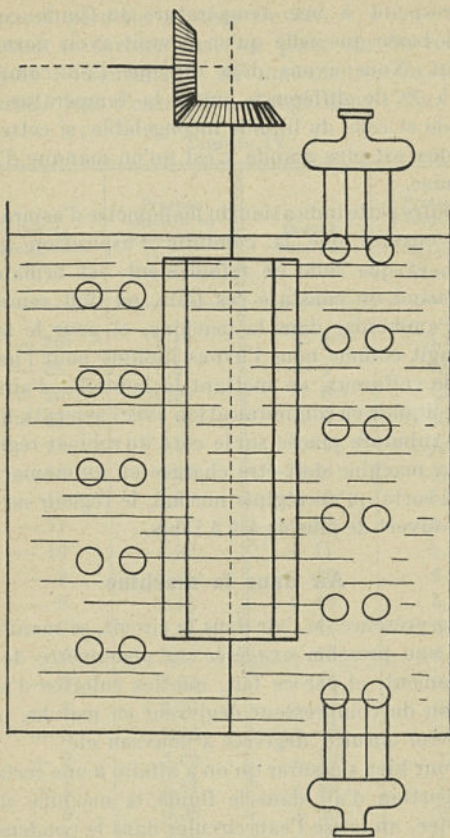


Fig. 24. — Schéma d'un réfrigérant à saumure.

l'aspiration n'est pas ce qu'elle devrait être ; elle correspond à une température du fluide aspiré, plus basse que celle qu'on devrait avoir normalement. Nous avons déjà dit que l'on comptait 6° à 7° de différence, entre la température du fluide et celle du liquide incongelable ; si cette différence est plus grande, c'est qu'on manque d'ammoniac.

Outre cette indication du manomètre d'aspiration on constate que la conduite d'aspiration givre mal, et que celle de refoulement est brûlante.

Quand on constate ces faits, on doit remettre de l'ammoniac dans la machine, et pour le faire, on agit comme nous l'avons indiqué pour l'anhydride sulfureux, en mettant la bouteille d'ammoniac liquide en communication avec l'aspiration, par une tubulure placée sur le côté du robinet régleur.

La machine doit-être chargée en ammoniac, de telle sorte qu'en régime normal, le régleur ne soit pas ouvert de plus de 4 à 5 tours.

Air dans la machine.

La présence de l'air dans le circuit, se manifeste par une pression exagérée au manomètre de refoulement, et, par ce fait, que les culottes d'aspiration du compresseur dégivrent en marche, pour regivrer ensuite, dégivrer à nouveau etc...

Pour bien s'assurer qu'on a affaire à une certaine proportion d'air dans le fluide, la machine étant arrêtée, on laisse l'eau circuler dans le condenseur pendant plusieurs heures, et on note la température à l'entrée et à la sortie. En appliquant la

formule indiquée page 34, on reconnaît si la pression est normale ou trop élevée.

Dans ce dernier cas, on place sur le robinet reliant le condenseur au manomètre, un tuyau courbé, dont l'extrémité plonge dans l'eau.

TABLEAU IV

Degrés centigrades	Pression effective en atmosphères des vapeurs d'ammoniac	Degrés centigrades	Pression effective en atmosphères des vapeurs d'ammoniac
- 30°	0,19	+ 3°	3,85
- 25	0,51	+ 4	4,04
- 20	0,90	+ 5	4,24
- 15	1,37	+ 6	4,43
- 14	1,47	+ 7	4,63
- 13	1,58	+ 8	4,84
- 12	1,70	+ 9	5,05
- 11	1,81	+ 10	5,27
- 10	1,92	+ 11	5,49
- 9	2,05	+ 12	5,71
- 8	2,18	+ 13	5,95
- 7	2,31	+ 14	6,20
- 6	2,44	+ 15	6,45
- 5	2,57	+ 16	6,70
- 4	2,70	+ 17	6,96
- 3	2,86	+ 18	7,23
- 2	3,02	+ 19	7,51
- 1	3,17	+ 20	7,79
0	3,33	+ 25	9,31
+ 1	3,50	+ 30	11,00
+ 2	3,67	+ 35	12,91

Quand ce tuyau est placé, on ouvre le robinet l'air se dégage par l'extrémité, en produisant des bulles dans l'eau ; quand tout l'air est éliminé, l'ammoniac, en se dégageant, produit un craquement caractéristique, qui avertit que la purge d'air est terminée ; on renferme alors le robinet et on enlève le tuyau pour remettre le condenseur en relation avec son manomètre. Il est quelquefois nécessaire de recommencer plusieurs fois cette opération.

Il faut avoir bien soin de ne purger l'air, qu'après un arrêt de plusieurs heures de la machine, de cette façon, en effet, l'ammoniac liquide se rend au bas du condenseur, et l'air se trouvant à la partie supérieure, est éliminé facilement. Si on purgeait aussitôt après l'arrêt, l'air serait mélangé d'ammoniac non liquéfié, et on aurait ainsi une forte perte.

Bris des soupapes.

On reconnaît ces accidents, comme dans les machines à anhydride sulfureux.

Fuites au condenseur ou aux joints.

On reconnaît qu'on a une fuite au condenseur au dégagement de petites bulles, qu'on remarque à la surface de l'eau, toujours au même point. On peut aussi plonger dans l'eau un papier à la phénolphtaléine, qui rougit en présence d'ammoniac.

Pour les fuites aux joints, on les reconnaît en explorant ceux-ci avec du papier à la phénol-

phtaléine mouillé, qui rougit à l'endroit où se produit la fuite. A défaut de ce papier indicateur, on se sert d'une mèche soufrée que l'on allume, et qui produit une épaisse fumée blanche, en présence de l'ammoniac.

Entraînement d'huile.

L'entraînement d'huile dans le circuit de l'ammoniac, est un accident très ennuyeux, qui a pour effet de réduire considérablement la puissance frigorifique de la machine.

On reconnaît qu'il y a eu de l'huile entraînée, à ce que la machine, bien que convenablement réglée, ne produit que peu de froid, tout en ne présentant pas les signes d'un manque d'ammoniac, d'un entraînement d'air, ou des autres causes que nous avons déjà étudiées.

Le manomètre d'aspiration donne des indications normales, et les culottes de refoulement ne présentent pas de surchauffe. D'autre part, on est obligé d'ouvrir le robinet détendeur en grand, pour être bien réglé, et si on vient à le fermer, on voit la pression au refoulement monter rapidement et atteindre des valeurs anormales; elle ne baisse pas, si on n'ouvre que partiellement la détente; et même celle-ci étant ouverte en plein, elle est toujours supérieure à ce qu'elle devrait être normalement. Ce sont là, en somme, des phénomènes indiquant une obstruction des conduites d'ammoniac.

Pour remédier à cet accident, il faut purger l'huile par tous les points où sont disposés des

robinets de purge. Il faut le faire tout en faisant fonctionner la machine, parce que cela seul permet de ramener l'huile dans le compresseur, notamment celle qui peut se trouver dans le réfrigérant. C'est surtout cette dernière, qui est particulièrement difficile à extraire, et il faut compter être obligé de marcher longtemps comme nous l'indiquons, avant d'en être totalement débarrassé.

Obstructions.

Elles se manifestent par les mêmes phénomènes que l'entraînement d'huile.

On doit donc d'abord, s'assurer que ce n'est pas ce dernier cas, puis on tâche de déterminer dans quelle portion des conduites d'ammoniac elle a lieu, et alors, on démonte la tuyauterie, et on la débouche par les moyens ordinaires.

C'est souvent au détendeur, que l'on peut avoir une obstruction, causée par un débris de la garniture du presse-étoupes.

Il faut aussi, quand on craint cet accident, s'assurer que ce ne sont pas les filtres placés sur les conduites d'aspiration, qui sont encrassés.

Machines à surchauffe d'ammoniac.

Ces machines (*fig. 25*), diffèrent des machines ordinaires, en ce que sur la tuyauterie d'aspiration, on place un séparateur d'ammoniac liquide

Le fluide est aspiré par le tuyau T T', l'ammoniac liquide entraîné tombe dans S, d'où par le

tuyau R R' , et la pompe P, il va rejoindre le tuyau d'ammoniac liquide venant du détendeur : L L', et retourne au réfrigérant. Par ce fait, le fluide qui se rend au compresseur est uniquement composé de gaz, et non d'un mélange de gaz et de liquide. On règle la surchauffe par le dé-

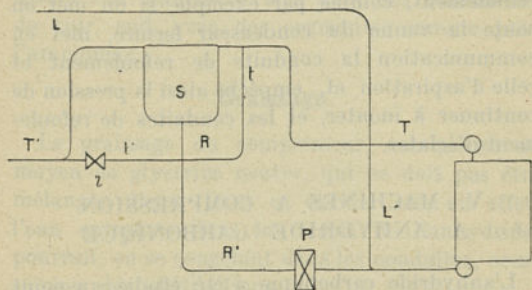


Fig. 25. — Schéma d'une installation de machine à surchauffe d'ammoniac.

tendeur, de telle sorte que la température au refoulement soit de 80°. Il faut avoir soin de ne pas atteindre 100°, parce qu'à cette température, on aurait rapidement un échauffement de la tige du piston du compresseur.

Lorsqu'on ne veut pas marcher en surchauffe, on ouvre le robinet *r*, et le fluide passant par *t t'*, on n'a plus de séparation de liquide, et on aspire une vapeur saturée au compresseur.

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, pour marcher avec ces machines, on commence par fonctionner comme avec une machine ordinaire, le robinet *r* étant ouvert, puis quand la

machine a atteint un régime stable, on ferme r , et on met en route la pompe P ; on doit alors bien faire attention au réglage de la surchauffe, pour ne pas dépasser 80° .

Ces machines, sont toutes munies d'un *clapet de sûreté*, qui, au cas d'une pression exagérée au refoulement, comme par exemple, si on met en route la vanne du condenseur fermée, met en communication la conduite de refoulement et celle d'aspiration, et, empêche ainsi la pression de continuer à monter, et les conduites de refoulement d'éclater.

V. MACHINES A COMPRESSION A ANHYDRIDE CARBONIQUE

L'anhydride carbonique a été étudié, au point de vue de sa valeur comme agent frigorigène, et appliqué, par Widhausen et Hall.

Nous avons vu, que les machines où on utilise ce fluide, sont de dimensions très restreintes ; elles sont, par suite, souvent verticales, il n'y a que pour les grandes puissances, que l'on construit des machines horizontales.

Ce que nous avons déjà dit à propos des machines à anhydride sulfureux, et à ammoniac, est souvent applicable à celles à anhydride carbonique sur lesquelles nous passerons donc plus rapidement.

Compresseur.

Les compresseurs à anhydride carbonique, sont généralement fabriqués, actuellement, en acier

coulé. Les communications entre la partie avant et la partie arrière sont souvent faites directement dans la masse du cylindre.

Piston. — Dans les petites machines, il est d'une seule pièce avec sa tige, dans les grandes, il est vissé à l'extrémité de cette dernière. On assure son étanchéité, soit avec des manchettes de cuir, soit avec des segments, comme pour l'ammoniac.

Graissage.

Le graissage du compresseur, est assuré au moyen de glycérine neutre, qui ne doit pas être mélangée d'eau. Dans ce dernier cas, en effet, l'eau entraînée dans le circuit de l'anhydride, pourrait, en se congelant dans les conduites, occasionner des obstructions.

Condenseurs.

Les condenseurs employés, sont des condenseurs à immersion, construits d'une façon analogue à ceux à ammoniac.

Dans les machines destinées à la marine, on loge généralement le condenseur dans le bâti supportant le compresseur, on a ainsi un encombrement très réduit.

Réfrigérants.

Ils sont généralement semblables à ceux à ammoniac, soit que ce soient des frigorifères, soit que ce soient des réfrigérants destinés au refroi-

dissement d'une saumure incongelable, circulant dans des chambres froides.

Détendeur.

Il est constitué généralement, par un robinet à pointeau, que l'on ouvre plus ou moins.

Presse-étoupes. — Le presse-étoupes de la tige du piston du compresseur est garni avec des anneaux de métal antifricition, alternant, avec des rondelles de cuir ; au milieu on place une lanterne, on en a une deuxième à l'avant (au bas pour les machines verticales) qui sert à assurer le graissage à la glycérine ; au fond du presse-étoupes, on place une bague métallique.

Nous donnons (fig. 26), la coupe du presse-étoupes des machines construites par la Société du Froid Industriel, qui fera mieux comprendre la façon dont se fait le graissage. C'est le godet graisseur H, à compte-gouttes, qui l'assure d'une façon régulière.

Le manque d'anhydride, les obstructions, les bris de soupapes, sont des accidents qui se signalent de façons analogues à celles que nous avons indiquées, pour les machines à anhydride sulfureux et à ammoniac.

De même, l'introduction d'anhydride dans la machine, n'offre pas plus de difficultés.

Il n'y a pas à se préoccuper de l'introduction d'air dans le circuit, la pression à l'aspiration étant toujours beaucoup trop forte, pour que cette introduction puisse avoir lieu.

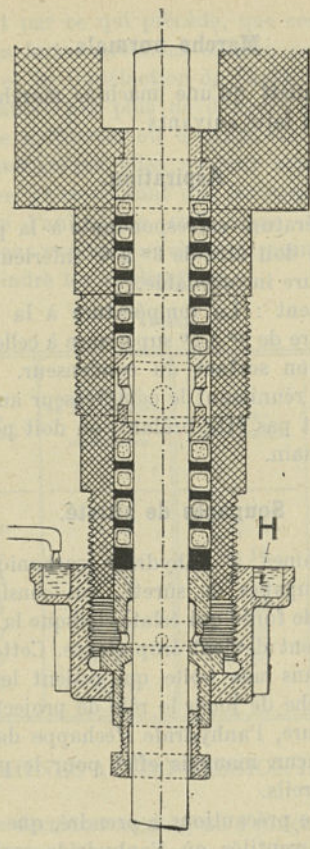


Fig. 26. — Presse-étoupes de compresseur à anhydride carbonique.

Marche normale.

On reconnaît qu'une machine marche normalement, aux faits suivants :

Aspiration.

La température correspondante à la pression à l'aspiration, doit être de 3° à 6° inférieure à celle de la saumure incongelable.

Refoulement : La température à la compression, doit être de 3° à 5° supérieure à celle de l'eau de circulation sortant du condenseur.

Le tuyau réunissant le compresseur au condenseur, ne doit pas être brûlant, on doit pouvoir le tenir à la main.

Soupapes de sûreté.

Les machines à anhydride carbonique portent des soupapes de sûreté, qui consistent en une plaque de fonte qui éclate, lorsque la pression au refoulement devient trop élevée. Cette plaque est logée dans une boîte qui retient les éclats, et les empêche de jouer le rôle de projectiles. En cas de rupture, l'anhydride s'échappe dans l'air, où il n'a aucun mauvais effet pour le personnel ou les appareils.

Il n'y a de précautions à prendre, que dans les locaux mal ventilés, où l'anhydride carbonique, en raison de sa densité élevée, pourrait s'accumuler, et causer l'asphyxie du personnel.

On voit par ce qui précède, que ces machines malgré les fortes pressions exigées pour la compression et la liquéfaction de l'acide carbonique, ne présentent pas plus de dangers que celles à anhydride sulfureux ou à ammoniac. Au point de vue mécanique elles ne leur sont donc pas inférieures, et ce ne sont que les constantes physiques de l'anhydride carbonique, qui comme nous l'avons expliqué au chapitre premier, peuvent en restreindre les applications.

TABLEAU V

Degrés centigrades	Pressions en kilogrammes par centimètre carré	Degrés centigrades	Pression en kilogrammes par centimètre carré
— 30°	15,54	+ 5°	41,81
— 25	17,68	+ 10	47,47
— 20	20,19	+ 15	52,90
— 15	23,91	+ 20	60,80
— 10	27,65	+ 25	68,26
— 5	31,87	+ 30	76,30
0	36,58		

VI. MACHINES A COMPRESSION ROTATIVES

En ces dernières années, un Français, M. l'abbé Audiffren, a inventé un nouveau type de machines à compression, très original, et qui mérite qu'on s'y arrête.

Ces machines, connues sous le nom de « Frigorigène Audiffren-Singrün » sont appelées, par suite de leur construction même, à être appliquées dans bien des cas où on hésiterait à faire installer des machines à compression, appartenant aux différents types dont nous avons parlé jusqu'ici.

Le « Frigorigène Audiffren-Singrün », ne comporte en effet, aucune soupape d'aspiration ni de refoulement, aucune tuyauterie, ni aucun organe dont on puisse prévoir la rupture ni le dérèglement ; la machine entière est, du reste, entièrement enfermée et invisible, et se règle d'elle-même.

Cette machine ne demande donc aucune surveillance pendant sa marche, et ce n'est que si on s'aperçoit qu'elle ne produit plus de froid, qu'on doit la faire visiter et vérifier par le constructeur.

Enfin, la machine Audiffren fonctionne indifféremment, avec n'importe quel gaz liquéfié, anhydride sulfureux, ammoniac, ou anhydride carbonique.

Nous allons en faire la description (*fig.27*), qui expliquera les particularités diverses que nous venons d'énumérer.

La machine se compose, comme les machines que nous avons déjà étudiées, d'un compresseur, d'un condenseur, et d'un réfrigérant.

Le compresseur présente la particularité d'être contenu dans le condenseur. Il est constitué par un cylindre dans lequel se meut un piston massif, actionné par un arbre coudé, commandé par une poulie. Un arbre creux, réunissant le condenseur

au réfrigérant, sert de tuyauterie d'aspiration. Tout l'ensemble du compresseur est logé dans un carter fou sur l'arbre de commande, et immergé dans un bain d'huile chimiquement pure. Il repose sur deux tourillons sur lesquels il oscille pendant la marche .

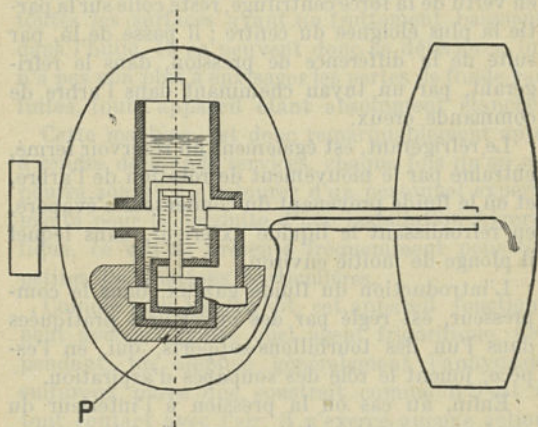


Fig. 27. — Frigorifique Audiffren-Singrün.

On voit de suite, que le compresseur, se trouve ainsi dans une atmosphère constituée par le gaz frigorigène lui-même, on n'a donc à craindre aucune fuite de l'intérieur du cylindre à l'extérieur, et, par conséquent, les soupapes, et presse-étoupes, sont inutiles. Enfin, l'ensemble du carter et du compresseur est lesté par un poids P, empêchant qu'il ne soit entraîné dans le mouvement de rotation du condenseur.

Celui-ci, est constitué par une sphère métallique, qui est entraînée par l'arbre de commande du piston du compresseur, et plongeant par sa moitié inférieure dans un bac où on établit une circulation d'eau. Le fluide comprimé, arrivant contre les parois refroidies du condenseur se liquéfie, et en vertu de la force centrifuge, reste collé sur la partie la plus éloignée du centre ; il passe de là, par suite de la différence de pression, dans le réfrigérant, par un tuyau cheminant dans l'arbre de commande creux.

Le réfrigérant, est également un réservoir fermé, entraîné par le mouvement de rotation de l'arbre, et où le fluide provenant du condenseur s'évapore, en refroidissant le liquide extérieur, dans lequel il plonge de moitié environ.

L'introduction du fluide gazeux, dans le compresseur, est réglé par des ouvertures pratiquées dans l'un des tourbillons-supports, qui, en l'espèce, jouent le rôle des soupapes d'aspiration.

Enfin, au cas où la pression à l'intérieur du condenseur vient à s'élever trop, tout le système du carter et du compresseur, est entraîné dans le mouvement de rotation de la machine, et le compresseur cesse de fonctionner ; le contrepoids est calculé très exactement, pour obtenir ce résultat, qui supprime tout danger, en cas de marche anormale.

Le fluide liquéfié dans le condenseur, entraîne toujours avec lui une certaine quantité d'huile. Les deux liquides se séparent par différence de densité, et l'huile entraînée, qui surnage le fluide

liquéfié, est recueillie et ramenée dans le carter par une raclette disposée à cet effet.

Comme on peut le voir, tout est prévu dans cette ingénieuse machine, pour qu'aucun des accidents ou incidents ordinaires des machines à compression, ne puisse se produire. Au point de vue des échauffements, des organes mécaniques, en particulier, toutes les surfaces ayant un frottement baignent dans l'huile, et ne peuvent donc se détériorer, on n'a pas non plus à envisager les pertes de fluide par fuites, tout l'appareil étant absolument étanche.

Cette machine, est donc remarquablement apte à rendre de grands services, chaque fois qu'on ne pourra songer à s'entourer d'un personnel expérimenté pour la conduite d'une installation frigorifique, ce qui se présente fréquemment pour les petites installations particulières.

Comme nous l'avons dit, cet appareil fonctionne avec n'importe quel agent frigorifique. Cependant, on emploie généralement l'anhydride sulfureux, parce que, soustrait comme il l'est à tout contact avec l'air, il n'exerce aucune action sur l'huile.

A ces avantages, il y a une contre-partie. C'est d'abord, que l'on n'a pu jusqu'ici, réussir à établir de machines à grande production ; le modèle courant est celui de 50 kilogrammes de glace à l'heure, et les constructeurs ont quelque difficulté à établir des machines de 100 kilogrammes de glace à l'heure. Cette difficulté est tournée, en employant plusieurs frigorigènes, au lieu d'une seule machine.

Ensuite, ces machines présentent le défaut de tout ce qui est automatique ; leurs dérèglements ne peuvent être ni prévus, ni évités par le personnel chargé de les faire fonctionner, puisque toute surveillance de la machine est rendue impossible par sa construction même.

VII. MACHINE A ÉVAPORATION D'EAU

Nous avons exposé au chapitre I, le principe sur lequel repose la machine de M. Leblanc.

Au point de vue mécanique, cette machine présente l'avantage de ne comprendre ni clapets, ni presse-étoupes où l'on ait à craindre des fuites de gaz, ni aucun organe aussi compliqué et aussi fragile, que ceux des compresseurs à gaz liquéfiables.

Le condenseur n'offre pas plus de difficultés de conduite, que ceux du même inventeur, employés pour condenser la vapeur d'échappement des machines à vapeur.

Ces condenseurs, comprennent : une pompe à eau, pour l'évacuation de la vapeur condensée, et une pompe à air, qui n'est autre qu'une trompe à eau, où cette dernière est envoyée dans l'axe d'un diffuseur conique divergent, par une roue à aubes. On obtient, par ce dispositif, un vide approchant beaucoup du vide théorique, ce qui est important, pour réduire la dépense de vapeur à l'éjecteur. On peut ainsi, utiliser de la vapeur d'échappement.

Evaporateur.

L'évaporateur est constitué par une grande chambre cylindrique, dans laquelle la saumure arrivant par le haut, tombe en pluie fine, de façon à ce que la surface d'évaporation soit la plus grande possible. Ce résultat est obtenu, en lui faisant traverser une plaque de tôle perforée, placée à la partie supérieure

Au bas de l'évaporateur, se trouve la pompe de circulation, qui envoie la saumure refroidie, dans les locaux à réfrigérer

Cette machine est, en somme, d'une grande simplicité de conduite et d'entretien.

VIII. MACHINES A AFFINITÉ

Nous avons vu, que ces machines comportent un condenseur, et un évaporateur au réfrigérant, qui sont semblables à ceux dont on se sert dans les machines frigorifiques à ammoniac, nous n'avons donc pas à en parler davantage ; il en est de même du robinet-détendeur.

Pour les autres appareils constituant ces machines : *absorbeur*, *échangeur* et *bouilleur*, c'est d'eux, que, comme nous le verrons plus loin, dépend le rendement économique ; il s'ensuit, que les divers constructeurs les construisent de façons très différentes, et en varient les dispositions dans chaque installation nouvelle. Une étude des différents types employés est, par suite, impossible.

Ces machines sont, du reste, fort rares en France, et ne présentent que peu d'intérêt.

Elles ne peuvent, comme nous l'avons déjà dit, être employées assez avantageusement que quand, par exemple, on peut les faire fonctionner avec la vapeur d'échappement de moteurs à vapeur. C'est ainsi qu'elles ont été préconisées, par M. Max de Nansouty, comme machines complémentaires des stations centrales électriques; elles donnent dans ce cas, de la glace qui est un sous-produit de l'usine, et qui, par suite, peut procurer un bénéfice intéressant,

Nous rappelons pour mémoire, qu'on a essayé de combiner la machine à affinité avec la machine à compression. Les résultats obtenus n'ont pas été encourageants, et on a abandonné cette voie.

On a utilisé également pour la production du froid, l'affinité du camphre pour l'anhydride sulfureux. On a construit ainsi quelques petites machines, utilisées dans les laboratoires, mais qui n'ont pu entrer dans l'industrie,

Au chapitre cinquième, nous donnons un exemple de détermination de rendement de ces machines, qui permet d'en comprendre les bonnes conditions de fonctionnement.

IX. REMARQUES SUR LES MACHINES A CHLORURE DE MÉTHYLE

Il est à noter que conformément aux conclusions d'un rapport de M. Haller au conseil d'hy-

giène du département de la Seine (13 octobre 1911) les usines utilisant les machines à « chlorure de méthyle, » ne sont pas assujetties au classement.

CHAPITRE III

Refroidissement des locaux.

SOMMAIRE .— I. Froid à produire nécessité par diverses sources de chaleur : — II. Réfrigération par rayonnement. — III. Réfrigération par ventilation — IV. Froid combiné.

I. FROID A PRODUIRE NÉCESSITÉ PAR DIVERSES SOURCES DE CHALEUR

Le but généralement poursuivi, dans une installation frigorifique, est de maintenir à une température donnée, plus basse que celle de l'atmosphère extérieure, les locaux de l'usine.

Le problème à résoudre, est celui de produire dans ces locaux ou chambres frigorifiques, une quantité de frigories, par heure, capable de les maintenir aux températures voulues, malgré les différentes causes qui interviennent pour élever ces températures.

Les différentes causes contre lesquelles on a à lutter, sont :

1° La chaleur transmise par le sol, le plafond, et les murs de la chambre.

2° La chaleur provenant des marchandises emmagasinées dans les chambres, et dont il faut ramener la température à celle du local.

3° La chaleur provenant, dans un certain nombre de cas, des modifications chimiques (fermentations) que subissent les denrées séjournant dans les chambres froides.

4° La chaleur à absorber pour refroidir et dessécher l'air introduit volontairement, à intervalles réguliers, pour le renouvellement de l'atmosphère des chambres. Son dessèchement se produit par la condensation de l'humidité qu'il contient, sur les surfaces froides des appareils de réfrigération.

5° La chaleur provenant : de l'éclairage des chambres ; de l'ouverture des portes, nécessitée par les besoins de l'usine ; du personnel travaillant dans les chambres froides, soit à la manutention, soit à la fabrication des marchandises ou des denrées ; de la marche des appareils (ventilateurs, pompes, etc...) pouvant fonctionner à l'intérieur des chambres.

Chaleur transmise par le sol, le plafond, etc.

Nous verrons, au chapitre suivant, comment on diminue dans de notables proportions, la chaleur provenant de ces différentes causes, au moyen de l'isolation.

Bien que cette dernière doive être calculée de façon à ce que l'on n'ait pas une transmission, horaire de chaleur, supérieure à 0, cal. 3 par mètre carré de surface, on admet généralement pour les calculs, que cette transmission est de 0 cal.7. Certains auteurs considèrent le coefficient de 0 cal.5 comme suffisant, mais nous croyons qu'il vaut mieux ne pas les imiter, de façon à ne pas risquer d'appliquer des chiffres trop justes, mais, au contraire, de se donner une certaine marge, permettant de faire face aux causes inattendues de déperdition de froid.

Chaleur provenant des marchandises emmagasiniées.

La quantité de chaleur à fournir de ce chef varie avec chaque produit considéré, et dépend de sa chaleur spécifique.

Différents auteurs ont publié des tables donnant des valeurs plus ou moins approchées, des chaleurs spécifiques des différentes denrées, susceptibles d'être emmagasinées dans les établissements frigorifiques.

De Loverdo, propose pour les calculer, d'adopter la formule de Siebel :

$$C = \frac{a + 0,2 b}{100}$$

C : Chaleur spécifique du produit considéré,

a : Poids 0/0 d'eau de ce produit ;

b : Poids 0/0 de matières solides de ce produit.

En appliquant cette formule à la viande de bœuf pour laquelle :

$$a = 72 \text{ } ^\circ/\text{o}; \quad b = 28 \text{ } ^\circ/\text{o}$$

On a :

$$C = \frac{72 + 0,2 \times 28}{100} = 0,77.$$

Ce chiffre est celui généralement adopté comme chaleur spécifique de la viande.

Cependant, on admet parfois que la chaleur spécifique de la viande est égale : 1 (Lorenz).

Chaleur provenant de modifications chimiques.

— Ce cas est à considérer, dans de nombreuses industries, où le froid est employé, précisément, pour ralentir, et non arrêter complètement, certaines réactions chimiques.

C'est en particulier, le cas de la brasserie, où le froid sert à régler la marche des fermentations.

Cette cause est également à considérer, dans la conservation et la maturation des fromages. La fermentation lactique, n'est jamais complètement arrêtée, et se poursuit lentement en dégageant une certaine quantité de chaleur, dont il est nécessaire de tenir compte dans les calculs.

Refroidissement et dessèchement de l'air. —

On admet pour la chaleur spécifique de l'air, le chiffre 0,31.

Si nous supposons qu'il faille refroidir 500 mètres cubes d'air de $+ 25^\circ$ à $+ 2^\circ$, la quantité de frigories à fournir, sera :

$$500 \times 0,31 \times 23 = 3\,565.$$

La question du dessèchement de l'air, est extrêmement importante.

En effet, l'air chaud extérieur, en pénétrant dans les chambres froides, condense une grande partie de la vapeur d'eau qu'il contient ; la tension de cette dernière étant moins élevée à basse température. Cette eau se condense sous forme de givre, sur les tuyaux de circulation, ou dans les frigorifères, en restituant sa chaleur de vaporisation, qui est de 610 calories, par kilogramme d'eau.

De plus, dans beaucoup d'applications du froid il est indispensable d'abaisser le degré hygrométrique de l'atmosphère des chambres, dans de notables proportions, pour obtenir une bonne conservation des denrées, et on se trouve, de ce fait, obligé de condenser l'humidité provenant non seulement de l'air extérieur introduit, mais encore, des marchandises elles-mêmes (c'est le cas de la viande, par exemple). Dans d'autres cas, (conservation des œufs), on a avantage à maintenir dans les chambres un degré hygrométrique élevé ; et on est obligé, pour y arriver, de réchauffer légèrement l'air refroidi dans le frigorifère. On a là un certain nombre de causes d'apport de chaleur, qui sont importantes pour les calculs d'une installation, dépendant toutes du degré hygrométrique que l'on doit maintenir dans les locaux. Nous croyons donc bon de nous arrêter sur cette notion, et de bien définir ce qu'on entend par degré hygrométrique de l'air, ce à quoi correspond cette expression, et comment on peut le mesurer.

L'air atmosphérique, qui est en contact avec d'immenses surfaces d'eau, renferme toujours une

certaine quantité de vapeur d'eau, qui est variable suivant les climats, les saisons, etc.

On appelle degré hygrométrique de l'air, à la température t° , le rapport $\frac{P}{P}$, entre le poids p , de vapeur d'eau contenu dans 1 mètre cube de cet air, et le poids P qu'en contiendrait ce volume s'il était saturé, à la même température.

On peut encore définir, le degré hygrométrique : le rapport existant entre la tension f de la vapeur d'eau contenue dans l'air à la température t° , et la tension maximum F de la vapeur d'eau, à cette température.

Comme on le voit, ce rapport est fonction de la température, et variera avec elle.

La mesure des tensions maximum de la vapeur d'eau, à différentes températures, ont été faites par Regnault. Voici les chiffres qu'il a donnés, pour des températures comprises entre -10° et $+50^{\circ}$; ces chiffres diminuent très rapidement avec la température.

Températures	F en millimètres d'eau
— 10°	2,09
— 5°	3,19
0 $^{\circ}$	4,67
+ 5°	6,53
+ 10°	9,16
+ 15°	12,69
+ 20°	17,39
+ 25°	23,55
+ 30°	31,58
+ 40°	54,91
+ 50°	91,98

Pour calculer le poids P de vapeur d'eau, contenu dans un volume d'air saturé de v litres, à la température t°, on applique la formule :

$$P = \frac{V \times 0,81 \times F}{(1 + \alpha t) 760}$$

Voici, du reste, un tableau donnant les poids de vapeur d'eau contenus dans 1 mètre cube d'air saturé, à différentes températures ; ce poids est exprimé en grammes.

TABLEAU VI

Températures	Poids d'eau en grammes par mètre cube	Températures	Poids d'eau en grammes par mètre cube
- 10°	2,4	+ 8°	8,2
- 9	2,5	+ 9	8,7
- 8	2,7	+ 10	9,3
- 7	2,9	+ 11	9,9
- 6	3,2	+ 12	10,6
- 5	3,4	+ 13	11,5
- 4	3,7	+ 14	11,9
- 3	3,9	+ 15	12,7
- 2	4,2	+ 16	13,5
- 1	4,5	+ 17	14,3
0	4,8	+ 18	15,2
+ 1	5,2	+ 19	16,1
+ 2	5,5	+ 20	17,3
+ 3	5,9	+ 21	18,1
+ 4	6,3	+ 22	19,2
+ 5	6,7	+ 23	20,3
+ 6	7,2	+ 24	21,5
+ 7	7,7	+ 25	22,8

La mesure du degré hygrométrique de l'air présentant une importance toute spéciale dans un grand nombre d'industries frigorifiques, on ne doit employer pour l'effectuer, que des appareils donnant toutes garanties relativement aux chiffres qu'ils indiquent.

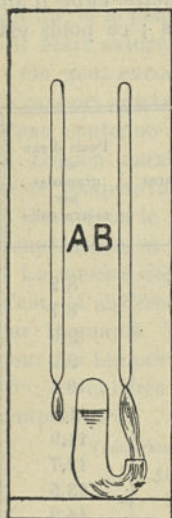


Fig. 28.

Les premiers instruments de mesure dont on s'est servi sont les hygromètres, et en particulier, les hygromètres à cheveux. Les indications fournies par ces appareils, avec quelque ingéniosité qu'ils soient construits, sont très peu précises, et ne présentent aucune garantie.

Le seul appareil donnant des résultats précis, est le psychromètre (fig. 28) (1).

Il se compose de deux thermomètres, fixés sur un support commun. L'un d'eux a son réservoir libre, l'autre a le sien entouré d'une mèche de coton, dont l'extrémité plonge dans un réservoir d'eau.

L'eau monte par capillarité dans la mèche de coton, et s'évapore en plus ou moins grande quantité, suivant que l'air ambiant est moins ou plus saturé de vapeur d'eau. Cette eau, emprunte la majeure partie de

(1) Nous ne parlons pas de l'hygromètre chimique, qui est un appareil de laboratoire.

sa chaleur de vaporisation au réservoir du thermomètre, dont elle abaisse ainsi la température, de telle sorte que les thermomètres A et B, indiquent des températures différentes, celle de B étant inférieure à celle de A.

Plus l'air ambiant est sec, plus l'évaporation est vive, et, par suite, plus est grande la différence des températures des deux thermomètres.

Le tableau suivant, donne les degrés hygrométriques pour différents écarts de températures, dans les limites intéressantes pour la plupart des établissements frigorifiques.

Connaissant l'état hygrométrique de l'air que l'on doit refroidir, on peut facilement calculer le nombre de frigories nécessaires pour son dessèchement et son refroidissement.

En effet, étant donnés la température et l'état hygrométrique de l'air extérieur à refroidir, et la température et l'état hygrométrique de l'air de la chambre, on sait combien l'un et l'autre renferment de vapeur d'eau par mètre cube. On n'a pour cela, qu'à multiplier le degré hygrométrique par la quantité d'eau contenue dans un cube d'air saturé, à la température considérée.

Par exemple, 1 mètre cube d'air à 25°, de degré hygrométrique 75, contient :

$$22,8 \times 0,75 = 17 \text{ gr. } 10 \text{ d'eau.}$$

On peut alors connaître, la quantité de vapeur d'eau à condenser.

Si nous supposons que l'air considéré doit être refroidi à + 2°, et avoir un degré hygrométrique

TABLEAU VII

Températures du thermomètre sec entre les thermomètres sec et humide		en dessous de 0°										au-dessus de 0°										
		5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,1	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0,2	95	95	95,5	95,5	95,5	95,5	96	96	96	96	96	96	96	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5
0,3	92,5	92,5	93	93	93	93	93,5	93,5	93,5	94	94	94	94	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	95	95	95
0,4	90	90	90,5	90,5	91	91	91	91,5	91,5	91,5	92	92	92	92	92	92,5	92,5	92,5	92,5	93	93	93
0,5	87,5	88	88	88,5	88,5	89	89	89,5	89,5	89,5	90	90	90	90	90,5	90,5	90,5	90,5	91	91	91	91
0,6	85	85,5	85,5	86	86	86,5	87	87	87,5	88	88	88	88,5	88,5	88,5	89	89	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5

0,7	82,5	83	83,5	84	84,5	84,5	85	85,5	85,5	86	86,5	86,5	87	87,5	87,5	87,5	88
0,8	80	80,5	81	81,5	82	82,5	83	83,5	84	84,5	84,5	85	85,5	85,5	86	86	86,5
0,9	78	78,5	79	79,5	80	80,5	81	81,5	81,5	82	82,5	83	83,5	83,5	84	84,5	85
1,0	76	76,5	77	77,5	78	78,5	79	79,5	80	80,5	81	81,5	82	82,5	82,5	83	83,5
1,1	74	74,5	75	75,5	76	76,5	77	77,5	78	78,5	78,5	79	80	80,5	81	81,5	82
1,2	71,5	72	72,5	73,5	74	74,5	75	75,5	76	77,5	78	78,5	79	79,5	80	80,5	81
1,3	69,5	70	70,5	71	72	72,5	73	73,5	74,5	75	75,5	76	76,5	77	77,5	78	79,5
1,4	67,5	68	68,5	69,5	70	70,5	71	72	72,5	73	73,5	74	74,5	75	75,5	76	77,5
1,5	64,5	65,5	66,5	67	68	68,5	69	70	70,5	71	71,5	72	72,5	73	73,5	74	75,5
1,6	62	63,5	64,5	65,5	66	66,5	67,5	68	68,5	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72,5	73
1,7	60	61	62	63	64	65	65,5	66	67	67,5	68,5	69,5	70	70,5	71	71,5	72,5
1,8	57,5	59	60	60,5	61,5	62,5	63,5	64	65	65,5	66,5	67	67,5	68,5	69	70,5	71
1,9	55	56,5	57,5	59	60	60,5	61,5	62,5	63	64	64,5	65,5	66	66,5	67,5	68	69,5
2,0	53,5	54	55	56,5	57,5	58,5	59,5	60,5	61	62	63	63,5	64	65,5	66	67,5	68
																	68,5
																	69

de 75 à cette température, il ne contiendra plus, quand ce refroidissement sera opéré, que :

$$5,5 \times 0,75 = 4 \text{ gr. } 12$$

d'eau, par mètre cube.

On aura donc dû condenser :

$$17,10 - 4,12 = 12 \text{ gr. } 98$$

de vapeur d'eau, par mètre cube introduit.

La chaleur de vaporisation de l'eau étant de 610 calories par kilogramme (chaleur qui est dégagée par la condensation de la vapeur d'eau), on aura reçu de ce fait, un apport de :

$$12,98 \times 0,61 = 7 \text{ cal. } 91$$

par mètre cube introduit et refroidi.

On peut très facilement construire un excellent psychromètre. On prend deux thermomètres à mercure donnant le 1/10 de degré, on les fixe sur un support vertical, en les serrant entre deux plaques de liège, au moyen d'un fil de fer traversant le support. On entoure le réservoir de l'un d'eux de mèches de laine qu'on a eu soin auparavant de laver à la potasse pour en éliminer toutes les matières grasses, et assurer une parfaite capillarité ; on entoure ces mèches de laine d'un peu de gaze lavée également à la potasse. Comme réservoir d'eau, on se sert d'un vase de verre employé comme abreuvoir pour les oiseaux, et connu dans le commerce, sous le nom de « Canari ». L'appareil ainsi monté donne d'excellentes indications, qui se rapportent au tableau que nous avons donné.

Eclairage. Travail du personnel, etc.

Pour ces différentes causes, dans lesquelles il

faut également comprendre la chaleur dégagée par le travail des ventilateurs, pompes, et autres appareils pouvant fonctionner dans les chambres, on peut compter 10 0/0, de la quantité totale de frigorifiques à fournir.

A titre de mémoire, nous rappellerons, qu'une lampe électrique à incandescence, dégage environ 40 calories à l'heure, et un ouvrier, environ 130 calories à l'heure.

On réalise la réfrigération des locaux par divers moyens :

- 1° Par *rayonnement* ;
- 2° Par *ventilation* ;
- 3° Par *le froid combiné*, qui est l'application simultanée, des deux premiers procédés.

II. RÉFRIGÉRATION PAR RAYONNEMENT

Dans ce système, les appareils réfrigérants (tuyaux lisses ou à ailettes), sont disposés en batteries à l'intérieur des chambres. Le refroidissement s'opère par une circulation d'air qui s'établit naturellement, par convection.

Dès que les tuyaux sont parcourus par l'agent réfrigérant, l'air qui les entoure se refroidit, et, par suite, augmente de densité. Il tend ainsi à descendre, et des couches d'air moins denses, et, par conséquent, moins froides, viennent au contact des batteries, où elles se refroidissent à leur tour. Il s'établit ainsi un courant du sol au plafond.

Dans ce système (*fig. 29*), les batteries sont toujours placées au plafond des locaux, pour faciliter l'établissement de la circulation de l'air.

On peut, au lieu de disposer les batteries au centre de la pièce, les mettre sur les côtés. Dans

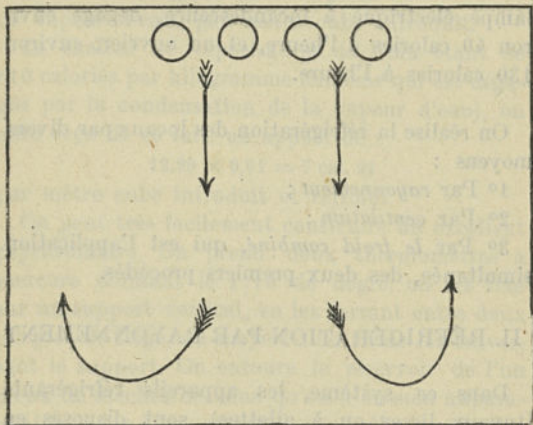


Fig. 29.

ce cas, la circulation de l'air s'établit suivant les flèches de la *fig. 30*.

On a aussi recommandé de disposer les batteries le long des murs (*fig. 31*) pour certaines industries la laiterie en particulier, en se basant sur ce fait que les marchandises placées sur des étagères près des batteries, sont plus directement soumises au rayonnement. Dans cette disposition, la circulation de l'air, qui se fait suivant les flèches, n'amène pas le refroidissement de la partie

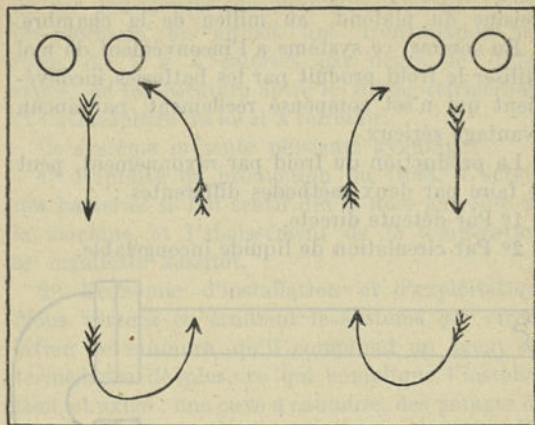


Fig. 30.

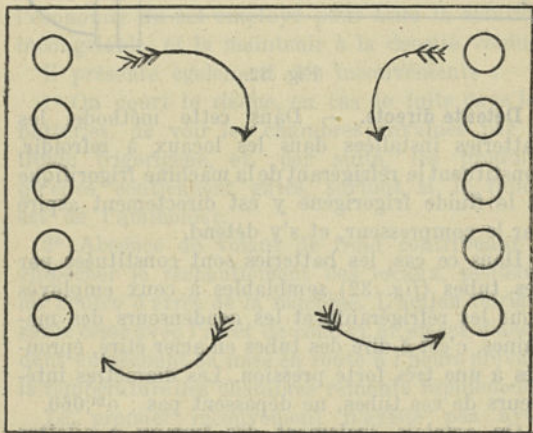


Fig. 31.

voisine du plafond, au milieu de la chambre.

En somme, ce système a l'inconvénient de mal utiliser le froid produit par les batteries, inconvénient qui n'est compensé réellement, par aucun avantage sérieux.

La production du froid par rayonnement, peut se faire par deux méthodes différentes :

1° Par détente directe.

2° Par circulation de liquide incongelable.

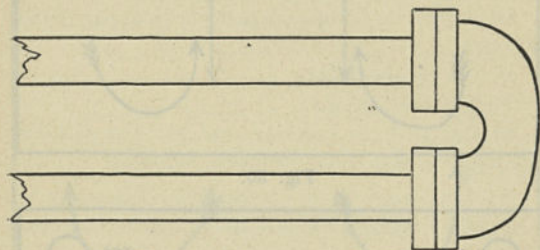


Fig. 32.

Détente directe. — Dans cette méthode, les batteries installées dans les locaux à refroidir, constituent le réfrigérant de la machine frigorifique et le fluide frigorigène y est directement aspiré par le compresseur, et s'y détend.

Dans ce cas, les batteries sont constituées par des tubes (*fig. 32*) semblables à ceux employés pour les réfrigérants et les condenseurs des machines, c'est-à-dire des tubes en acier étiré, éprouvés à une très forte pression. Les diamètres intérieurs de ces tubes, ne dépassent pas : 0^m,060.

On emploie également des tuyaux à ailettes

de 40 millimètres de diamètre intérieur. Pour ces derniers, on admet une transmission horaire de 3 à 4 calories par degré de différence, de température entre le fluide réfrigérant, et l'atmosphère du local à refroidir.

Ce système présente plusieurs avantages :

1° Rapidité de production du froid. L'action des batteries se fait sentir dès la mise en route de la machine, et l'abaissement de la température se manifeste aussitôt.

2° Economie d'installation et d'exploitation. Nous verrons en étudiant le système par circulation de saumure, qu'il comprend un agent intermédiaire de plus, ce qui complique l'installation, et exige : une cuve à saumure, des pompes de refoulement, etc... organes dont on n'a pas besoin dans la détente directe. On réalise également l'économie du sel employé pour faire la solution incongelable, et la maintenir à la densité voulue.

Il présente également des inconvénients :

1° On court le risque, en cas de fuite dans les batteries, de voir les chambres envahies par le fluide frigorigène, et, par suite, les produits qu'elles contiennent gâtés, surtout si le fluide est de l'ammoniac.

2° Absence de volant de froid contribuant à empêcher le réchauffement des locaux, pendant les heures d'arrêt de la machine. L'action réfrigérante cesse avec l'arrêt de celle-ci, et, en cas d'accident empêchant sa mise en route à l'heure prévue, la température des chambres remonte rapidement.

Le premier inconvénient n'existe pas avec

l'anhydride carbonique, qui n'endommage aucun produit. Par contre, il exige, en raison des pressions élevées de marche, une construction des batteries particulièrement soignée.

Il est encore à considérer qu'il ne faut pas construire de batteries de serpentins de plus de 150 mètres de longueur totale, car en augmentant cette longueur, on augmente le travail du compresseur, et on finit par perdre le bénéfice de la suppression des pompes de circulation.

Il faut avoir soin de prévoir, sous les batteries des goulottes destinées à recevoir l'eau de fusion provenant de leur dégivrement pendant les heures d'arrêt, de façon à ce que cette eau ne tombe pas sur les produits emmagasinés.

Ces goulottes se construisent en zinc, et l'eau de fusion est amenée par une pente appropriée à un tuyau la conduisant aux canalisations d'eaux d'égout de la chambre. Dans le cas où ces canalisations n'existent pas, on la reçoit dans des récipients placés dans la chambre, et que l'on vide chaque jour.

Lorsque les arrêts de la machine ne sont pas assez longs, ou que la température maintenue au-dessous de 0°, n'est pas assez élevée pour permettre au givre de fondre, il est nécessaire de dégivrer les batteries, si on ne veut pas qu'elles perdent une grande partie de leur puissance de réfrigération. En effet, le coefficient de conductibilité du givre déposé sur les batteries n'est que de 0,5 environ, fort peu élevé, par rapport à celui des tuyaux de fer nu.

Pour réaliser ce dégivrement, il suffit de faire fonctionner les batteries comme condenseur de la machine ; la chaleur dégagée par la compression, fait fondre rapidement le givre formé.

Il est nécessaire, dans ce cas également, d'établir des goulottes pour recevoir le givre des batteries, et éviter qu'il ne tombe sur les marchandises.

En résumé, le système à détente directe est pratique pour les petites installations à acide carbonique et, dans ce cas, donne généralement de bons résultats.

Circulation de liquide incongelable. — Dans ce système, le fluide frigorigène se détend dans un réfrigérant entouré d'une dissolution d'un sel chimique, ne se congelant qu'en dehors des limites de température auxquelles on travaille, et qu'il refroidit. Ce liquide, est aspiré dans la cuve réfrigérante par une pompe, qui le refoule dans les batteries installées dans les chambres. Après avoir circulé dans ces chambres, où il s'est réchauffé, le liquide revient dans la cuve réfrigérante, où sa température est abaissée de nouveau, et il est renvoyé après refroidissement dans les batteries, etc...

Le liquide incongelable peut être constitué de diverses manières. Autrefois, on s'est servi de la glycérine, que l'on mélangeait à l'eau ; les bains ainsi formés, avaient l'inconvénient de coûter très cher.

Aujourd'hui, on se sert généralement d'une dissolution de chlorure de calcium (Ca Cl^2), et parfois, d'une dissolution de chlorure de sodium

(Na Cl). L'emploi de ce dernier corps en France, nécessite sa dénaturation préalable.

Le chlorure de calcium, se trouve dans le commerce, à l'état fondu, renfermé dans des cylindres en fer, ou à l'état desséché, emballé dans des tonnaux en bois. Ce dernier est préférable, en raison de son plus grand état de pureté chimique, et de sa facilité de manipulation.

Plus la solution est concentrée, plus son point de congélation est bas.

Voici un tableau, indiquant les points de congélation pour différentes concentrations :

TABLEAU VIII

Eau	CaCl ₂	Degrés au pèse-sols Baumé	Point de congélation
parties	parties	degrés	degrés
100	0	0	0
90	10	9,5	— 4
80	20	17,5	— 11
70	30	26	— 24

On doit toujours, dans les cas ordinaires de marche, maintenir la densité du bain incongelable entre 20° et 26° Baumé.

Nous verrons, dans les chapitres suivants, les différents accidents qui peuvent se produire, par une concentration insuffisante du bain incongelable, et les moyens d'y remédier.

Le liquide incongelable, refroidi dans le réfri-

gérant, est, comme nous l'avons vu plus haut, refoulé par une pompe centrifuge, dans les collecteurs, qui le distribuent dans les batteries des différentes chambres.

Les batteries, peuvent être constituées par des tubes lisses, ou par des tuyaux à ailettes.

On emploie comme tubes lisses, des tubes de fer, qu'il est bon de faire étamer sur toute leur surface extérieure pour éviter l'oxydation, avec brides vissées à chaque extrémité. On se sert de tubes du diamètre 50/60, que l'on réunit à leurs extrémités par des coudes en fonte. Ce système est préférable à l'emploi des batteries constituées par des serpentins, comme on le faisait autrefois.

Les batteries construites de cette façon, transmettent, par mètre carré de surface rayonnante, de 5 à 8 calories à l'heure, par degré de différence de température entre le liquide incongelable circulant dans les tubes, et l'atmosphère des locaux (Lenhert).

Les tubes à ailettes que l'on emploie, ont généralement 80 millimètres de diamètre intérieur, les ailettes ayant un diamètre extérieur de 190 millimètres (*fig. 33*). On trouve également des tuyaux à ailettes carrées. Les ailettes sont écartées de 32 millimètres, et ne sont pas réunies par des nervures, comme dans les tuyaux de chauffage; ceci est nécessaire pour le dégivrement des batteries. Ces tuyaux sont en fonte ordinaire.

Comme pour les batteries de tubes lisses, les différents éléments sont réunis par des coudes.

La saumure est amenée des collecteurs aux batteries, par des tubes lisses de 50/60.

L'effet produit par mètre carré de surface rayonnante de ces batteries, est de 3 à 5 calories à l'heure, par degré de différence de température entre le liquide incongelable et l'atmosphère des locaux (Lenhert).

Il ne faut pas perdre de vue, que cet effet diminue rapidement, lorsque le givre s'accumule entre les ailettes.

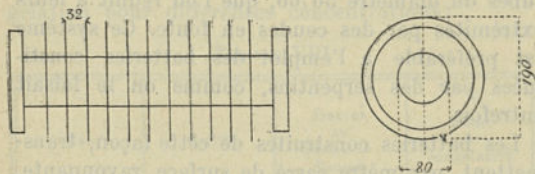


Fig. 33.

On admet généralement, que l'on ne doit pas construire de batteries dépassant 200 mètres de longueur, en tubes lisses. Avec les tuyaux à ailettes, il est bon de ne pas dépasser 80 mètres de longueur par batterie.

Il est toujours préférable d'établir plusieurs groupes de batteries à la place d'une seule, le travail des pompes de circulation se trouve diminué, et la circulation se fait mieux. Nous verrons plus loin, que cette disposition est à recommander pour le dégivrement.

On réunit parfois les sorties de deux batteries voisines, au moyen d'une culotte C (fig. 34). Ce système ne présente aucun avantage intéres-

sant, et fait perdre une partie de ceux que l'on trouve à avoir plusieurs batteries, au lieu d'une seule. Il est donc préférable, d'avoir des batteries tout à fait indépendantes.

On espace les tubes lisses de 150 millimètres d'axe en axe, et les tubes à ailettes de 250 millimètres.

Comme nous l'avons vu précédemment, la

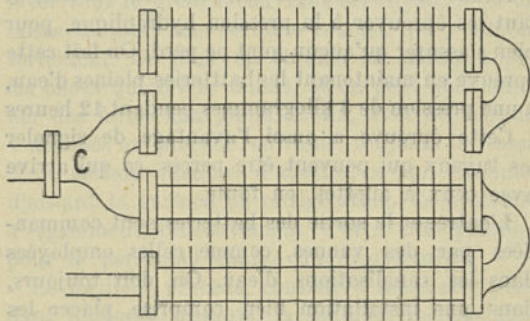


Fig. 34.

meilleure disposition à adopter pour les batteries, est de les placer au plafond des chambres à refroidir.

On doit les répartir aussi uniformément que possible sur toute la surface des chambres, de façon à ce que la température de celles-ci soit égale en tous leurs points. On ne doit pas avoir de différences de températures supérieures à 1° , dans les divers points des locaux réfrigérés.

Construire des batteries superposées, est un très mauvais système. Un tel ensemble de batteries donne des résultats bien inférieurs à surface

rayonnante égale, à ceux obtenus par des batteries réparties sur toute la surface du plafond.

On supporte les batteries par des fers plats, soutenus par des supports suspendus aux fers des planchers. Il faut donc tenir compte de ce poids supplémentaire, dans le calcul des planchers.

Avant de mettre les batteries en service, il faut les éprouver à la pression hydraulique, pour bien s'assurer qu'aucun joint ne perd. On fait cette épreuve en maintenant les batteries pleines d'eau, à une pression de 3 kilogrammes pendant 12 heures.

Cette épreuve a aussi l'avantage de signaler les tuyaux qui peuvent être percés, ce qui arrive avec ceux à ailettes, en fonte.

L'entrée et la sortie des batteries, sont commandées par des vannes, comme celles employées dans les canalisations d'eau. On doit toujours, dans une installation bien comprise, placer les vannes de façon à ce qu'elles soient facilement accessibles.

Dans le cas où on veut diminuer l'action d'une batterie, on ferme partiellement la vanne d'entrée du liquide dans la batterie, en laissant celle de sortie ouverte complètement ; on évite ainsi un excès de pression à l'intérieur des batteries.

Il est bon de prévoir un robinet purgeur d'air, pour les batteries.

Nous avons vu, que le givre se déposant sur les batteries, par suite de la condensation de l'humidité de l'air ambiant, étant mauvais conducteur, diminue considérablement leur effet utile.

Il est donc absolument indispensable, de prévoir un dispositif, permettant de débarrasser les tuyaux de cette couche de givre.

Le dégivrement à la main, consistant à arracher le givre avec des outils appropriés, est un procédé ne pouvant donner de bons résultats.

Il est impossible, en effet, par ce moyen, d'enlever tout le givre recouvrant les tuyaux ; on en laisse toujours une certaine couche, qui y adhère fortement. De plus, on ébranle les batteries par les chocs qu'on leur donne, et on peut ainsi amener des fuites aux joints. Enfin, avec les tuyaux à ailettes, ce procédé entraîne toujours la casse d'un certain nombre d'ailettes, ce qui diminue d'autant la surface de réfrigération. Ce système, a également l'inconvénient d'être très pénible, pour le personnel chargé du dégivrement.

Le meilleur procédé, consiste à remplacer pendant quelques instants, la saumure incongelable circulant dans les tuyaux, par de la saumure tiède, envoyée par une pompe disposée convenablement pour ce travail. Le givre se décolle rapidement des tuyaux, qui en sont entièrement débarrassés. On peut, pour éviter un réchauffement du local, combiner le montage des batteries, de façon à pouvoir dégivrer l'une d'elles, pendant que les autres continuent à fonctionner avec de la saumure froide.

On ne saurait apporter trop de soin, à l'étude de cette question du dégivrement des batteries, pour assurer une production de froid régulière et constante.

III. RÉFRIGÉRATION PAR VENTILATION

Le principe de ce système, consiste à créer artificiellement un courant d'air froid dans le local à refroidir.

L'air du local est aspiré par un ventilateur, qui le refoule d'abord dans un appareil spécial appelé *frigorigère* où il se refroidit, puis dans la chambre dont il abaisse la température. Il se produit ainsi un brassage de l'air qui circule continuellement autour des marchandises emmagasinées.

Le ventilateur aspire et refoule l'air par des canaux percés d'ouvertures de distance en distance. Les canaux d'aspiration et de refoulement sont construits généralement en bois imprégné d'une solution antiseptique, pour éviter qu'ils ne pourrissent, puis peints avec une bonne peinture laquée. On ne les fait pas en métal (fer galvanisé), parce que sur ces derniers l'humidité de l'air se condenserait, et dégoutterait sur les marchandises placées en dessous.

On doit construire les canaux aussi rectilignes que possible, et éviter absolument les angles brusques, qui empêcheraient la circulation normale de l'air, La *fig. 35* montre comment on évite les coudes brusques,

La disposition de ces canaux doit être étudiée avec le plus grand soin, pour que la température des locaux, soit aussi uniforme que possible. On ne doit pas avoir de différences de températures

supérieures à 1° C, entre les différents points d'une chambre froide.

Comme ventilateur, on en emploie de différents modèles, suivant les divers cas qui se présentent, en tenant compte de la résistance à vaincre dans les canaux.

La vitesse de l'air dans les différents frigorigères, est comprise entre 1 mètre et 3 mètres à la seconde; cette vitesse, dans les canaux de refoulement, doit être de 5 mètres à 6 mètres au maximum, et d'environ 0^m,25 aux bouches d'air. On la mesure au moyen d'un anémomètre.

On commande les ventilateurs, soit par courroie, soit en les accouplant directement sur l'arbre d'une dynamo. Ce dernier système permet, en employant une dynamo à vitesse variable, de varier la vitesse du ventilateur.

Le frigorigère peut être placé à l'intérieur ou à l'extérieur du local à refroidir, suivant la commodité plus ou moins grande que présentera l'une ou l'autre de ces dispositions. On peut également les placer sur le sol même des chambres, ou au plafond, si on dispose d'une hauteur suffisante.

Les frigorigères peuvent être : à détente directe, ou : à circulation de saumure.

Dans le premier cas, le frigorigère qui n'est autre que le réfrigérant de la machine frigorifique, est constitué par des serpentins de tuyau d'acier, dans lesquels le liquide frigorigène est aspiré, et se détend.

Dans le second cas, il est constitué par des serpentins de tubes lisses, ou de tubes à ailettes, dans

lesquels circule le liquide incongelable, absolument comme dans les batteries utilisées pour le refroidissement par rayonnement. Avec les tubes à ailettes, on établit des batteries superposées, qui présentent une très grande surface de refroidissement.

Frigorifères à détente directe. — Le plus simple de ces appareils, est constitué par des serpentins horizontaux, placés verticalement sur une certaine hauteur ; on place plusieurs rangées de ces serpentins côte à côte, et l'air refoulé entre eux, se refroidit à leur contact.

Différents constructeurs, pour obvier à l'inconvénient de la formation du givre sur les serpentins, construisent deux appareils semblables l'un à côté de l'autre, avec à chaque extrémité des volets permettant de refouler l'air directement dans l'un ou l'autre.

Voici comment on fait fonctionner cet appareil double (*fig. 36*).

Supposons que le frigorifère A ayant fonctionné depuis un certain temps, soit givré ; on arrête la détente dans cet appareil, et on se sert de B comme réfrigérant. L'air, refoulé par le ventilateur, passe d'abord en A, où il commence à se refroidir, en faisant fondre le givre ; il passe ensuite en B, où il achève son refroidissement ; il y abandonne en même temps une partie de son humidité, et B se givre à son tour. Lorsque A est dégivré, on renverse les rôles des appareils, on fait détendre le fluide frigorigène en A, et on fait pénétrer l'air d'abord en B, etc...

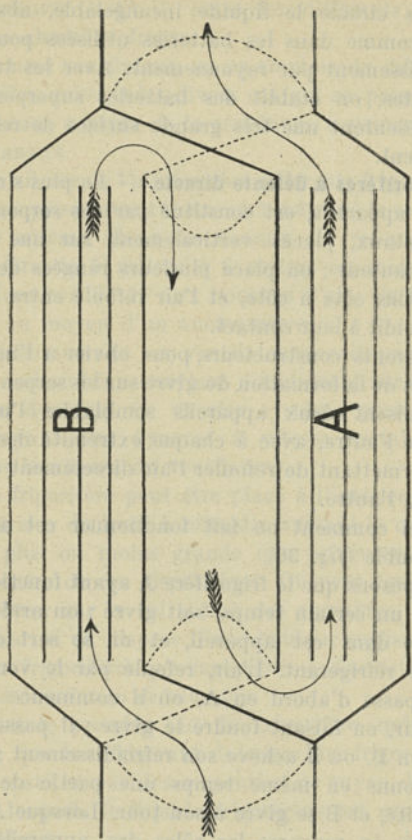


Fig. 36. — Frigorifère double à détente directe.

Cet appareil demande une surveillance constante, pour fonctionner convenablement ; il faut, en effet, qu'on surveille constamment le dégivrement et le givrement de chaque frigorifère.

On voit que l'air est non seulement refroidi, mais aussi desséché, par son passage dans l'appareil, et on obtient ainsi un courant d'air froid et sec.

On utilise aussi des frigorifères où l'air vient se refroidir au contact d'une saumure incongelable froide (*fig. 37 et 38*).

L'appareil est constitué comme le précédent, par des serpentins horizontaux fixés sur des supports ; ceux-ci reposent au fond d'une cuve C, dans laquelle se trouve le liquide incongelable ; au dessus de chaque serpentín, se trouvent les tuyaux T : T' ; T'' ; percés de nombreux trous à leur partie inférieure, suivant une génératrice.

Pour faire fonctionner l'appareil, on aspire le liquide incongelable dans la cuve C, par une pompe p, qui le refoule dans les tuyaux T T' T'' ; par les trous dont ceux-ci sont percés, le liquide tombe sur les serpentins, sur lesquels il ruisselle en lames minces, d'où le nom de *frigorifère à ruissellement*. Comme l'agent frigorigène se détend dans les serpentins : la saumure ruisselant dessus, se refroidit. Si, alors, on refoule de l'air à travers l'appareil, il se refroidit au contact des lames minces de liquide incongelable froid.

Comme dans les autres frigorifères, l'air est également desséché.

En effet, la tension de vapeur des dissolutions salines, est toujours inférieure à celle de la va-

peur d'eau aux mêmes températures ; par suite, l'humidité contenue dans l'air refoulé par le ven-

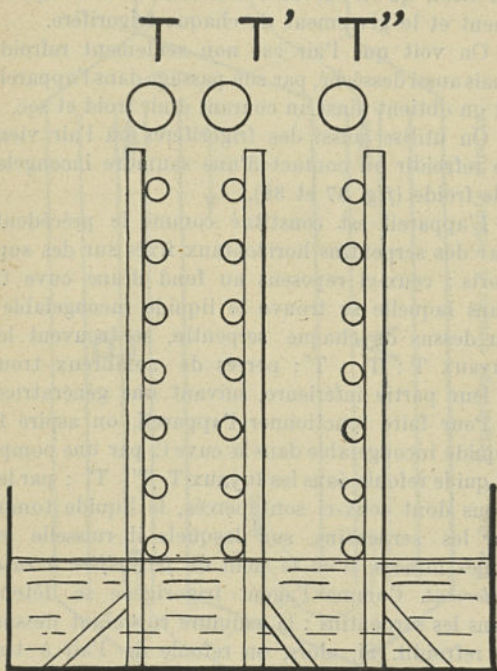


Fig. 37. — Frigorifère à ruissellement.

tilateur, arrivant au contact de surfaces dont la tension de vapeur est inférieure à la sienne, se condensera sur ces surfaces, et l'air se dessèchera.

Il est à remarquer que la condensation de l'hu-

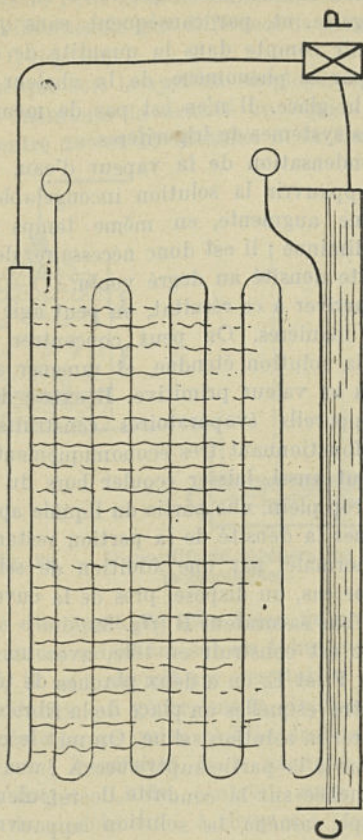


Fig. 38. — Frigorifère à ruissellement.

midité, est obtenue sans que l'eau en résultant soit congelée, et, par conséquent, sans que l'on ait à tenir compte dans la quantité de chaleur fournie par ce phénomène, de la chaleur de fusion de la glace. Il n'en est pas de même pour les autres systèmes de frigorifères.

La condensation de la vapeur d'eau, a pour effet d'appauvrir la solution incongelable, dont le volume augmente, en même temps que la densité diminue ; il est donc nécessaire, de maintenir cette densité au degré voulu.

Pour arriver à ce résultat, on peut agir de différentes manières. On peut concentrer par la chaleur la solution étendue, et ramener ainsi sa densité à sa valeur primitive. Il existe de nombreux appareils évaporatoires construits à cet effet et fonctionnant très économiquement.

On peut aussi, laisser écouler hors du bac C, par un trop plein, une partie du liquide appauvri, et ramener la densité de la portion restant, à la valeur normale, par une addition de sel. Dans ce dernier cas, on dispose, près de la cuve C, un un petit bac saturateur B (*fig. 39*).

Ce bac est construit en tôle, avec un double fond. En F, et E, on a deux plaques de tôle perforée, entre lesquelles on place de la fibre de bois, pour filtrer la solution saline. On met le chlorure de calcium à la partie supérieure A ; une dérivation branchée sur la conduite de refoulement de la pompe, amène la solution appauvrie, qui coule sur le chlorure de calcium qu'elle dissout. La solution filtrée par son passage sur la fibre de

bois entre F, et E, coule claire dans le fond du bac, d'où elle s'écoule par différence de niveau, dans la cuve C (fig. 39).

Quelque soit le système employé, on doit toujours maintenir la densité du liquide incongelable, entre 20° et 25° Baumé. Si la densité du li-

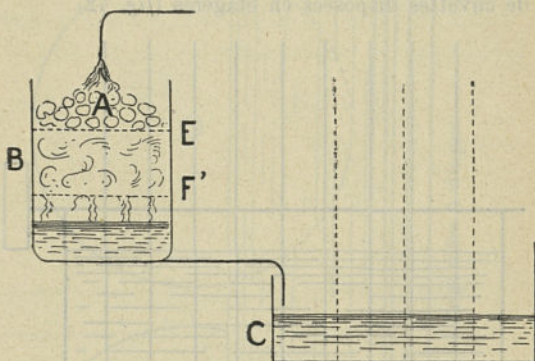


Fig. 39. — Dispositifs de régénération des bains incongelables.

quidé diminuait de telle façon qu'une partie de la saumure ruisselant sur les tubes puisse se congeler, il se formerait sur ces tubes, des glaçons volumineux, qui gêneraient la circulation de l'air. en même temps qu'on n'obtiendrait qu'un refroidissement insuffisant de la saumure.

La Société Linde, construit aussi des frigorifères du modèle dit « à disques », (fig. 40 et 41) formés par des séries de disques en tôle juxtaposés, animés d'un mouvement de rotation, et

dont une partie, $1/3$ environ, plonge dans la saumure d'une cuve. Cette saumure est entraînée par les disques, et l'air refoulé par le ventilateur se refroidit à son contact.

On construit également, des frigorifères où la saumure refroidie, tombe sur un certain nombre de cuvettes disposées en étagères (*fig. 42*).

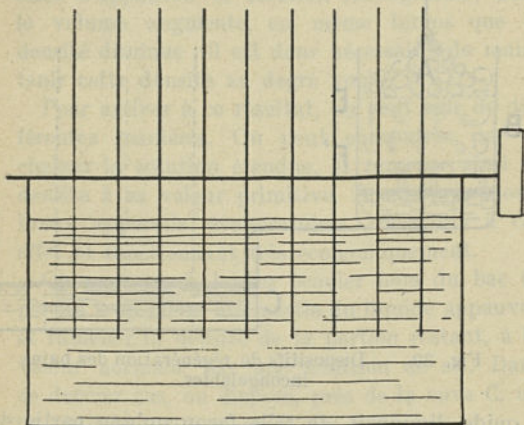


Fig. 40. — Frigorifère à disques.

Dans ces différents frigorifères, on a l'inconvénient que l'air entraîne toujours dans la canalisation de refoulement, une certaine quantité de saumure. Pour éviter cet inconvénient, on place à la sortie de l'appareil de petits fagots de bouleau, qui retiennent la saumure entraînée. Il faut avoir soin de ne pas en mettre une trop grande épaisseur, pour ne pas augmenter outre mesure le tra-

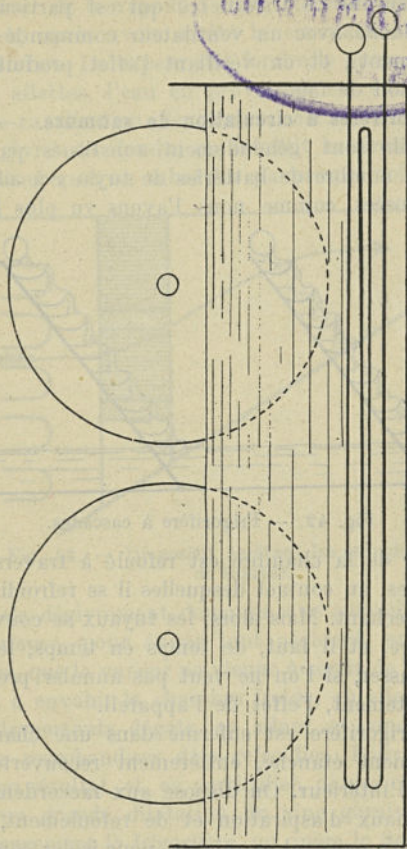


Fig. 41. — Frigorifère à disques

vail du ventilateur ; on procède par tâtonnements, en mesurant ce travail (ce qui est particulièrement facile avec un ventilateur commandé électriquement), et en vérifiant l'effet produit par la cloison de fagots.

Frigorifères à circulation de saumure. — Ces appareils sont généralement constitués par un certain nombre de batteries de tuyaux à ailettes superposées, comme nous l'avons vu plus haut.

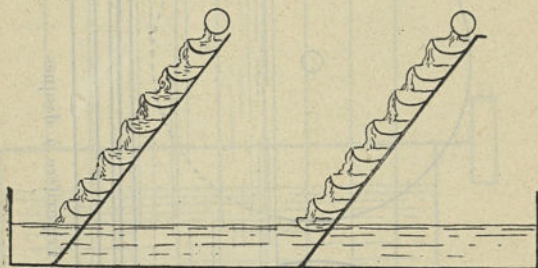


Fig. 42. — Frigorifère à cascades.

L'air de la chambre est refoulé à travers ces batteries, au contact desquelles il se refroidit, en se desséchant. Mais alors, les tuyaux se couvrent de givre, et il faut, de temps en temps, les en débarrasser, si l'on ne veut pas annuler presque complètement, l'effet de l'appareil.

Le frigorifère est enfermé dans une chambre absolument étanche, entièrement recouverte de zinc à l'intérieur. On dispose aux raccords des canaux d'aspiration et de refoulement, des panneaux pouvant se relever, pour isoler complètement le frigorifère de la chambre. Lorsque l'appa-

pareil est givré, on relève ces panneaux, et on fait arriver de la vapeur dans la chambre des frigorifères, après avoir arrêté la circulation dans les batteries. La vapeur fait fondre le givre couvrant les ailettes, l'eau en provenant est évacuée par une canalisation disposées *ad hoc*, et lorsque tout le givre est fondu, on rétablit la circulation de saumure, et on rabat les panneaux mobiles.

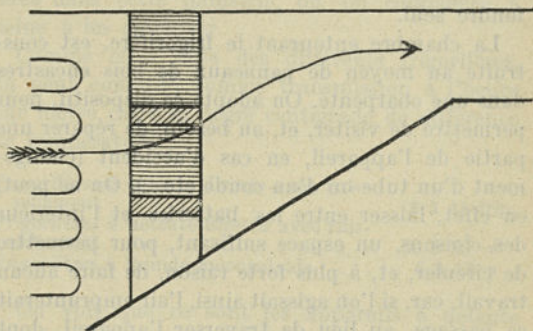


Fig. 43. — Dispositif arrêtant les entraînements de liquide.

Ce dégivrement demande une surveillance très sérieuse, pour éviter tout accident, en particulier, que la vapeur ne vienne à sortir de l'appareil, et à envahir la chambre froide, où elle causerait d'importants dégâts, en allant se condenser sur les marchandises déjà refroidies. Pour avoir un bon résultat, et, en particulier, ne pas risquer une trop grande dilatation du zinc garnissant intérieurement le frigorifère, on opère le dégivrement en maintenant la température de cet appareil à

30°, pendant toute l'opération. On mesure cette température au moyen d'un thermomètre placé dans un trou disposé pour cet usage sur le côté de l'appareil. On s'aperçoit que le dégivrement est sur le point d'être terminé, lorsque, l'arrivée de vapeur étant toujours réglée de même façon, la température monte progressivement. On arrête alors la vapeur, et on laisse ce qui reste de givre fondre seul.

La chambre entourant le frigorifère, est construite au moyen de panneaux de bois encastrés dans une charpente. On adopte ce dispositif, pour permettre de visiter, et, au besoin, de réparer une partie de l'appareil, en cas d'accident (changement d'un tube ou d'un coude etc...). On ne peut, en effet, laisser entre les batteries et l'intérieur des cloisons, un espace suffisant, pour permettre de circuler, et, à plus forte raison, de faire aucun travail, car, si l'on agissait ainsi, l'air emprunterait ce passage, au lieu de traverser l'appareil, dont l'effet serait alors, à peu près nul.

Les frigorifères ont encore un effet, en dehors de ceux que nous venons d'étudier (refroidissement et dessèchement de l'air), qui a aussi son importance. Ce sont des appareils qui débarrassent l'air des germes qu'il contient, et, par suite, le purifient. Les germes sont entraînés par l'eau qui se condense soit sur les tuyaux des appareils secs, soit sur les surfaces froides de ceux à ruissellement, et l'air, à la sortie, s'il n'en est pas absolument exempt, n'en contient plus qu'une faible proportion.

A ce point de vue, les frigorifères à ruissellement sont supérieurs aux autres.

Ce rôle des frigorifères est très important, et n'est généralement pas envisagé comme il devrait l'être. Nous verrons que pour la brasserie notamment, ce fait est très important, et aurait dû depuis longtemps, faire introduire les frigorifères dans cette industrie, où on commence à peine à les employer.

Comme effet utile des différents frigorifères, on peut compter, comme transmission à l'heure par mètre carré, et degré centigrade de différence de température :

Frigorifères à détente directe sans ruissellement	8 à 16 frig.
Frigorifères à détente directe avec ruissellement	20 à 30 »
Frigorifères à liquide incongelable.	6 à 12 »

On voit que ce sont les appareils à détente directe et à ruissellement qui sont les plus avantageux, au point de vue de la production du froid ; nous avons vu qu'ils le sont également au point de vue de la purification de l'air. Ils ont, par contre, l'inconvénient de la régénération du bain incongelable, qui est toujours onéreuse.

En somme, ce n'est que l'étude approfondie des conditions particulières à chaque installation, qui peut faire décider à quel système de frigorifère, on devra s'arrêter. Le but à atteindre, la place dont on dispose, etc..., sont autant de facteurs à faire entrer en ligne de compte, pour un choix rationnel.

IV. FROID COMBINÉ

Dans ce système, on utilise à la fois, pour le refroidissement, les deux systèmes que nous venons d'étudier : par rayonnement et par ventilation.

Dans ce cas, on calcule l'installation de façon à ce que le frigorifère produise les $\frac{2}{3}$ de l'effet frigorifique, et les batteries de tuyaux, $\frac{1}{3}$ de cet effet.

Ce système a l'avantage de fournir un volant de froid, qui maintient la température de la chambre, si on vient à arrêter les machines, et, en même temps, les batteries ajoutées au frigorifères, rendent plus facilement réalisable l'uniformité de la température, en tous les points du local.

Quand on emploie le froid combiné, on se sert généralement de frigorifères à circulation de saumure, le liquide qui y circule, étant le même que celui parcourant les batteries.

CHAPITRE IV

Constructions. Frigorifiques. Isolation.

SOMMAIRE.— I. Isolants. — II. Isolation des locaux — III. Isolation des appareils, conduites, etc. — IV. Imperméabilisation du béton.

I. ISOLANTS

Tout établissement frigorifique doit être construit avec un soin tout spécial, pour éviter les déperditions de froid.

Si on se contentait de construire une usine frigorifique avec les matériaux servant ordinairement dans les constructions, on aurait des pertes de froid très grandes, dues à la conductibilité de ces matériaux. Si nous supposons, par exemple, une chambre frigorifique devant être maintenue à 0° , l'air extérieur étant à $+ 25^{\circ}$, il tendra à s'établir un équilibre de température entre l'air extérieur, et l'air intérieur, à travers les parois ou les murailles. Si celles-ci sont construites avec des substances bonnes conductrices de la chaleur, la chambre recevra de l'extérieur, une quantité de chaleur considérable qui tendra à faire remonter sa température, et on sera obligé de mettre en jeu une puissance fri-

gorifique énorme, pour lutter contre le réchauffement. Si, au contraire, les murs sont mauvais conducteurs de la chaleur, ils ne transmettront qu'une très faible quantité de la chaleur extérieure à l'air de la chambre, et la température de celle-ci se tiendra dans les limites voulues, avec une dépense de froid minima.

Il faut donc employer pour la construction des usines frigorifiques des matériaux choisis pour cet usage particulier, et dont le coefficient de conductibilité soit le plus faible possible.

Monsieur le professeur Marchis, donne du coefficient de conductibilité, considéré au point de vue qui nous occupe actuellement, la définition suivante :

« C'est la quantité de chaleur, qui, dans l'état
« stationnaire défini par cette condition qu'il
« y a une différence de 1° centigrade entre deux
« plans parallèles aux faces du mur, et situées à
« une distance de 1 mètre, traverse en une heure,
« une surface de 1 mètre carré, prise sur un plan
« parallèle aux faces du mur ».

La détermination de ce coefficient se fait de différentes façons dans les laboratoires. On se sert souvent d'un vase à double paroi, dans lequel on met un poids connu de glace, on place l'isolant à étudier dans l'intervalle des parois, et on mesure la chaleur transmise en un temps donné, par le poids de glace fondue pendant ce temps.

Cette détermination qui paraît simple, au premier abord, ne manque pas de difficultés, et jusqu'à ces dernières années, on était mal renseigné.

gné sur les coefficients des substances employées. Les chiffres que l'on admet maintenant sont très approchés de la réalité, et peuvent être considérés comme justes, pour les applications pratiques ; cette importante question a été mise au point, en particulier, par M. Desvignes.

Voici un tableau donnant les chiffres actuellement admis pour coefficients de conductibilité des substances les plus employées :

TABLEAU IX

Béton ordinaire	0,56	Air immobile et sec.	0,06
— de mâchefer.	0,22	Sciure	0,06
Mortier de ciment.	0,5	Charcoal	0,06
Pierre calcaire	1,8	Liège granulé	0,068
— meulière	0,112	— aggloméré à la caséine.	0,069
Briques	0,6	— aggloméré au brai	0,087
Chêne	0,21	Papier	0,4
Sapin	0,12	— isolant	0,06
Fer	60,00	Laine minérale	0,09
Verre	0,8	Terres d'infusoires.	0,08

On peut voir que les substances isolantes (sciure, liège, papier, etc...) sont toutes des substances ne pouvant être utilisées pour les constructions. Elles ne peuvent être employées que pour recouvrir les matériaux utilisés pour l'édification des usines.

Ces derniers sont tous bons conducteurs, en particulier, les métaux, dont le coefficient de conductibilité est très élevé.

La valeur de ce coefficient, pour être la question la plus intéressante, dans le choix de la substance isolante à employer, n'est pas le seul facteur à considérer. Nous ne pouvons mieux faire, que de citer textuellement l'énumération des qualités que doit présenter un bon isolant d'après M. Marchis :

« Les substances isolantes doivent posséder les qualités suivantes : «

1° « *Elles doivent être très mauvaises conductrices de la chaleur.* — Si une couche peu épaisse de l'isolant suffit pour obtenir un bon isolement, il résulte, une économie d'espace et une économie de matière à mettre en œuvre pour pour arriver à ce résultat.

« 2° *Elles doivent avoir un faible poids spécifique..* — Cette condition est importante, pour les installations d'isolement à bord des navires.

« Son importance n'est pas moins grande pour les entrepôts frigorifiques, à cause de la réduction des frais de transport jusqu'à pied d'œuvre, et de la possibilité de faire des économies sur les dépenses de construction, en édifiant des constructions plus légères.

« 3° *Les substances isolantes doivent être exemptes d'odeur, et ne doivent pas être putrescibles, même quand elles sont humides.* — Cette condition est capitale pour les isolants employés dans la construction des entrepôts frigorifiques destinés à la conservation des denrées alimentaires ; celles-ci, en effet, absorbent très facilement les mau-

« vaises odeurs provenant de la fermentation des
« isolants, et deviennent impropres à la consom-
« mation.

« 4° *Les substances isolantes doivent au con-
« traire absorber autant que possible les mauvaises
« odeurs, qui peuvent se dégager dans les cham-
« bres frigorifiques de conservation, et les rendre
« moins nuisibles.*

« 5° *Les substances isolantes ne doivent pas être
« hygroscopiques. — Elles ne doivent pas absor-
« ber et retenir l'humidité, en effet, dans ces con-
« ditions, les substances cessent d'être mauvaises
« conductrices de la chaleur.*

« 6° *Quand par suite de certaines circonstances
« (rupture d'un tuyau d'eau, etc...) un isolant est
« mouillé, il doit pouvoir se sécher facilement et
« retrouver après cette opération, ses propriétés
« isolantes.*

« 7° *Les substances isolantes ne doivent pas at-
« tirer les parasites (souris, rats, etc...) ni offrir aux
« microbes un bon terrain de culture.*

« 8° *Les substances isolantes doivent être in-
« combustibles, ou tout au moins ne pas propager
« la combustion commencée en un point de la masse.*

« 9° *Une fois mises en place, dans les bourrages
« qui constituent les couches isolantes, soit à l'in-
« térieur, soit à l'extérieur des murs, les subs-
« tances isolantes ne doivent pas se tasser et produire
« ainsi dans l'isolant des solutions de continuité.*

« 10° *Les substances isolantes ne doivent pas atta-
« quer les parties en bois, en fer ou en maçonnerie
« qui sont en contact avec elles.*

«11° *Les substances isolantes ne doivent pas perdre leurs propriétés avec le temps.*

Il est inutile de faire remarquer qu'aucun isolant ne remplit toutes ces conditions. On devra donc, suivant les cas, voir très soigneusement celui qui répondra le mieux aux besoins de l'établissement que l'on devra construire.

Les usines frigorifiques travaillent toutes dans des conditions différentes, suivant leur but, leur situation, etc..., et ce sont ces conditions qui guideront dans le choix de l'isolant à employer. On ne devra pas toujours s'en tenir aux résultats acquis dans d'autres pays, car, pour les entrepôts frigorifiques, en particulier, on ne peut se guider pour leur installation, sur les règles admises en pays étranger, leur mode de fonctionnement variant avec les pays où ils sont installés. Ce fait, dont nous aurons encore à tenir compte quand nous étudierons en détail leur installation, est important pour le choix de l'isolant.

Voici les qualités que doit remplir une bonne isolation :

II. ISOLATION DES LOCAUX

1° *L'épaisseur de l'isolation doit être suffisante, pour que la transmission horaire de chaleur par l'isolant, ne dépasse pas 0 cal,3 par m² carré de surface et par degré centigrade de différence.*

En appelant e l'épaisseur du mur isolant, T et T' les températures de chaque côté de ce

mur; la quantité Q de chaleur traversant une surface s pendant le temps t , est :

$$Q = \frac{Ks (T-T') t}{e}$$

K_s , coefficient de conductibilité de l'isolant

Ce résultat est généralement atteint avec une épaisseur ne dépassant pas $0^m,25$, en comptant sur une température extérieure moyenne de $+ 25^\circ$, pour les murs extérieurs.

2° *L'isolation doit-être continue*; c'est-à-dire, qu'en aucun point, il ne doit y avoir de matériaux non isolants, traversant la couche isolante, et y introduisant ainsi des solutions de continuité, par lesquelles on aurait des apports énormes de chaleur, faisant perdre le bénéfice de l'isolation. C'est ainsi qu'il faut veiller à ce que tous les matériaux métalliques, fers à plancher, colonnes, etc., soient entourés de toute part par l'isolant, y soient noyés, et ne communiquent pas avec l'extérieur.

C'est également une erreur, de croire que la la partie de l'isolation protégeant les locaux contre la chaleur provenant du sol, puisse être négligée ou traitée avec moins de précautions que les autres parties. Il ne faut pas oublier, en effet, que si la température du sol ne subit pas de variations aussi grandes que celles de l'atmosphère, elle est, par contre, constante pendant toute l'année.

Si nous considérons la température de l'atmosphère pendant toute une année, nous verrons que cette température, se tient à $+ 12^\circ$ environ pendant à peu près six mois (printemps et automne); pendant l'été, cette

moyenne monte au voisinage de $+ 18^{\circ}$, et pendant l'hiver, elle s'abaisse à $+ 2^{\circ}$. Pour le sol, la température est d'environ $+ 15^{\circ}$ pendant toute l'année.

On voit donc par ce qui précède, qu'au bout d'une année, l'unité de surface du sol d'une construction frigorifique, aura laissé passer une quantité de chaleur sensiblement égale à celle qui aura traversé l'unité de surface d'un mur extérieur hors terre, pendant le même laps de temps.

De plus, le sol est toujours humide, et il est indispensable d'empêcher son humidité de pénétrer dans les locaux; aussi, en général, on donne comme support à l'isolant, du côté du sol, un béton de mâchefer, qui absorbe difficilement l'humidité.

Ce que nous venons de dire de l'isolation du sol, s'applique également à l'isolation des caves souterraines.

Les avis sont encore partagés, sur le point de savoir s'il est préférable de mettre l'isolant à l'extérieur, ou de le placer à l'intérieur des murs ordinaires.

Dans le premier cas, l'isolant empêche les murs d'être soumis directement à la chaleur extérieure, et de s'échauffer, en vertu de leur pouvoir absorbant généralement élevé; de plus, les matériaux constituant les murs étant soumis au refroidissement direct à l'intérieur, jouent le rôle de volant de froid, et contribuent, de ce fait, à régulariser la température dans les locaux refroidis. Mais alors, l'isolant bien que recouvert par un enduit, se trouve exposé aux intempéries, et, par suite, peut se détruire assez rapidement.

Lorsque l'isolant est appliqué intérieurement il a beaucoup plus de chances de ne pas s'abîmer, et de conserver ses qualités indéfiniment. Du reste, rien n'empêche de le recouvrir intérieurement d'une paroi en briques creuses, ou en briques de laitier, qui forme alors volant de froid comme dans le cas de l'isolation extérieure.

Cette dernière solution bien qu'un peu plus coûteuse, est particulièrement recommandable, surtout lorsque l'on ne doit faire fonctionner les machines frigorifiques que pendant une partie de la journée, et non d'une façon continue.

En Angleterre, on construit des frigorifiques dont l'isolation est assurée par du liège granulé, recouvert intérieurement par un double boisage en sapin. On a soin en appliquant ces boisages, pour lesquels on se sert de plancher rainées, de placer les joints horizontalement pour le premier, et verticalement pour le second, de façon à ce qu'ils ne puissent se trouver superposés, ce qui pourrait amener un manque d'étanchéité. De plus, on place entre les deux boisages, une couche de papier isolant (*fig. 44*).

Dans ces constructions, on divise l'espace compris entre les murs extérieurs et le boisage, où l'on doit introduire l'isolant, en compartiments, au moyen de bastings fixés au plâtre sur les murs extérieurs. C'est sur ces bastings qu'on cloue les planches de parquet (*fig. 45*). Cette méthode est employée chaque fois qu'on se sert d'isolants pulvérulents, et sans cohésion.

Dans les constructions faites ainsi, tous les

murs, planchers, plafonds, etc., sont en bois.

Ces installations fonctionnent très bien, dans les frigorifiques Anglais en raison des conditions de

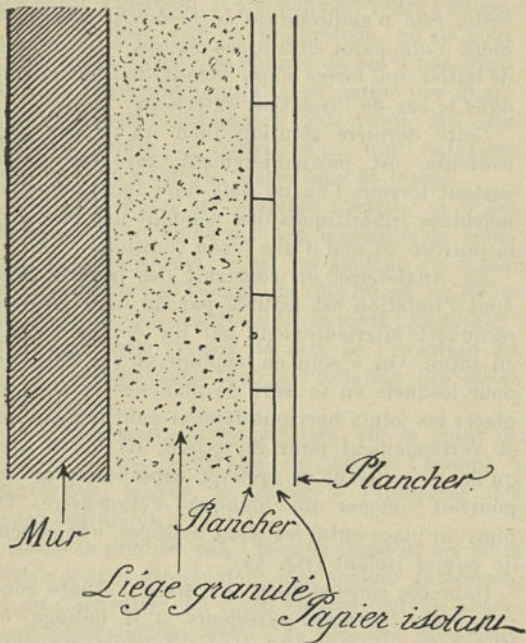


Fig. 44. — Isolation. Système Anglais.

travail de ces entrepôts. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'on n'y reçoit que des produits congelés, et que la manutention des marchandises entreposées est assurée par le personnel de l'entrepôt, personne, en dehors de ce personnel, n'étant au-

torisé à travailler dans les chambres froides

Les résultats ne seraient plus du tout les mêmes, si on entreposait des marchandises fraîches dans ces établissements, en particuliers, de la viande

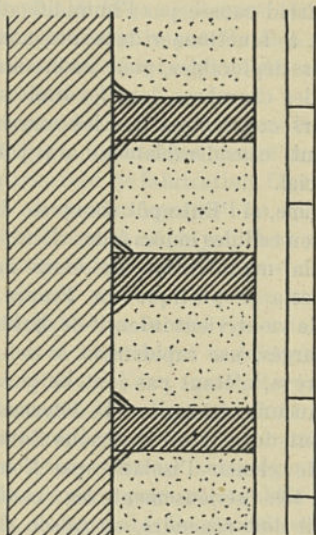


Fig 45. — Isolation : Système Anglais.

de boucherie, devant être simplement réfrigérée. Dans ce cas, le sang et les liquides organiques provenant de la viande coulent sur le sol, imprègnent le bois, et malgré les plus grands soins de propreté, causent de mauvaises odeurs dont on ne peut se défaire. Petit à petit, ces liquides pourrissent le plancher et passent à travers, ils vont imprégner l'isolant qui acquiert

un coefficient de conductibilité élevé en même temps qu'une mauvaise odeur. Arrivé à ce point on ne peut plus conserver dans de bonnes conditions les marchandises entreposées, la déperdition de froid causée par l'humidification du liège amenant à fonctionner dans des conditions économiques déplorables, pour maintenir les températures des chambres dans les limites voulues, et les odeurs contractées par les marchandises, les dépréciant considérablement au point de vue commercial.

De même, si l'Entrepôt comporte des chambres divisées en cellules louées à des clients faisant eux-mêmes la manutention de leurs marchandises, comme cela se pratique en France et en Allemagne, le va-et-vient intensif de diables et de charriots chargés, use rapidement le sol des couloirs qui se crève, n'étant pas soutenu par l'isolant qui n'offre aucune résistance à la déformation.

On doit donc, ainsi que nous l'avons déjà dit, avant de choisir l'isolant que l'on emploiera, étudier très sérieusement les conditions auxquelles il doit répondre, en raison du travail de l'établissement auquel il est destiné.

C'est ainsi, que pour les isolations de navires, on emploie beaucoup la laine minérale, qui est un silicate complexe obtenu avec les laitiers de haut-fourneaux, qui présente particulièrement l'avantage de n'avoir rien à redouter, des parasites ni des rongeurs.

Dans la majeure partie des cas, on emploie actuellement avec grand succès, les briques de

liège aggloméré. Ces plaques se scient et se taillent à la hache très facilement, de sorte qu'on peut leur faire épouser toutes les formes.

Quand on n'a pas à redouter l'humidité, on se sert de plaques de liège aggloméré à la caséine ; pour éviter l'humidité et la putréfaction qui s'en suivrait, on emploie le liège aggloméré au brai de goudron désodorisé.

Il existe un grand nombre de maisons fabriquant ces plaques de lièges, mais toutes ne sont pas arrivées à la même perfection de fabrication. Or, il est très important de se rendre compte des qualités de l'aggloméré que l'on veut employer, et en dehors de la valeur comme isolant, que l'on peut considérer comme équivalente pour les diverses marques, il faut pouvoir apprécier, à densité égale : la perméabilité à l'eau, et la résistance à la déformation.

La perméabilité à l'eau, peut être appréciée en laissant tremper dans l'eau pendant plusieurs heures les échantillons, de poids connus, à comparer. On les retire et on les laisse égoutter, puis on les pèse de nouveau, pour voir qu'elle augmentation de poids, ils ont subi. On considérera comme le meilleur celui qui aura augmenté de la plus faible quantité.

Pour déterminer exactement la résistance à la déformation, il est nécessaire de faire des mesures très précises, au moyen de machines spéciales, comme pour tous les matériaux de construction en général.

On peut, cependant, avoir une indication intéressante, par un procédé très simple.

On découpe dans chaque échantillon à comparer, une éprouvette de 0^m,50 à 0^m,60 de longueur, sur 0^m,10 de largeur, et 0^m,01 d'épaisseur. On les place pendant 12 heures sur deux supports, et on les abandonne à eux-mêmes. Les échantillons les moins résistants se courberont sous leur propre poids comme il est indiqué en pointillé (*fig. 46*), la courbure sera d'autant plus forte, que le liège résistera moins à la déformation.

Certaines maisons sont parvenues à une grande perfection dans la fabrication de ces agglomérés,

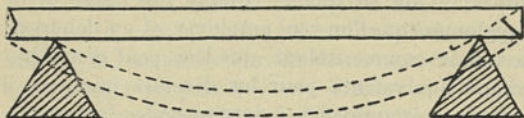


Fig. 46.

dont certains peuvent résister à une pression de 17 kilogrammes par centimètre carré.

Il est évident, que la résistance à la déformation est extrêmement importante pour l'isolation des sols et des planchers intermédiaires entre les étages, car c'est sur ces parties que portent les poids des marchandises emmagasinées (Entrepôts), ou des appareils constituant le matériel des industries diverses qui se servent du froid (Brasseries, Fabriques de salaisons, etc...). Ce n'est pas la faible couche de ciment grillagé (5 à 6 centimètres) qui recouvre l'isolant, qui peut supporter ces poids, de sorte que si celui-ci se tasse, la couche de ciment se crève, et donne, par suite, accès à l'humidité.

Cette résistance à la déformation, est encore intéressante pour les plafonds. En effet, si les plaques de liège ne conservent pas leur rigidité, elles tendront à se courber sous leur propre poids, comme nous l'avons vu plus haut, et pèseront fortement sur l'enduit de ciment, y causant des fissures, par lesquelles l'humidité due à la condensation qui se fait surtout sur les plafonds, pénétrera encore dans l'isolation, lui faisant perdre la plus grande partie de ses qualités.

Cette question est moins intéressante pour les cloisons et murs verticaux, bien qu'ils soient souvent exposés à des chocs plus ou moins violents.

Dans l'exécution d'une isolation au moyen de plaques de liège aggloméré, il faut avoir soin d'employer, toujours, des plaques dont l'épaisseur ne soit que la moitié de celle des murs à édifier, de façon à ce que ce mur, soit constitué par deux couches de plaques superposées, appliquées de telle sorte, que les joints soient toujours contrariés, car les joints sont les parties où le mur n'est plus homogène, et où on risque malgré tous les soins avec lesquels on les fait, d'avoir des trous pouvant amener une communication avec l'extérieur, d'où déperdition de froid.

Les joints sont faits au moyen d'un mortier de brai de goudron, et de poudre de liège appliqué à chaud. On ne doit jamais employer



Fig. 47.

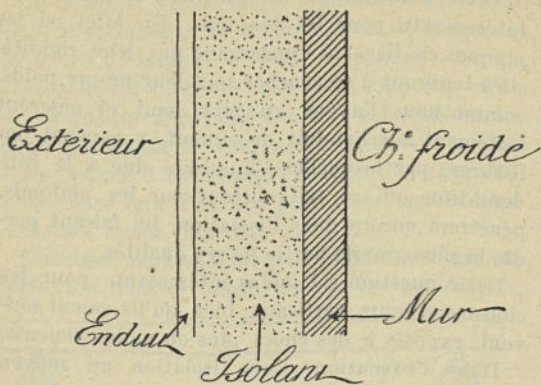


Fig. 48. — Isolation extérieure.

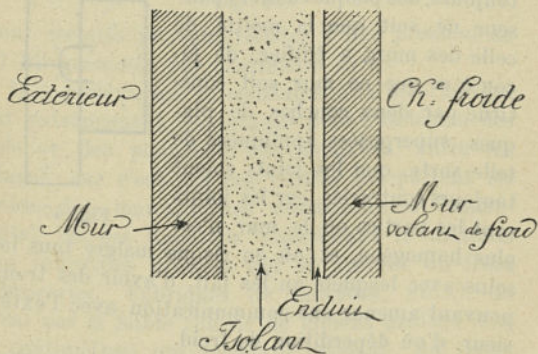


Fig. 49. — Isolation intérieure.

de mortier de ciment qui est bon conducteur. Pour donner plus de rigidité à la construction, on noie dans les joints des torons de fil de fer fixés par une extrémité sur une plaque au moyen d'un conduit, ou d'un clou recourbé (fig. 47).

Voici plusieurs exemples d'isolations, se rappor-

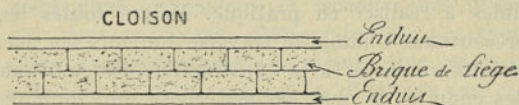


Fig. 50 — Isolation d'une cloison.

tant aux différents cas que l'on peut rencontrer dans les constructions (fig. 48, 49, et 50 51).

En consultant le tableau que nous avons donné des matériaux isolants, nous voyons que l'air,

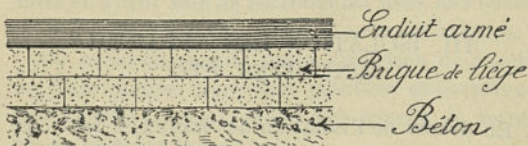


Fig. 51. — Isolation d'un sol.

immobile et sec, possède un très faible coefficient de conductibilité. C'est, du reste, à l'air emprisonné dans leur masse, que les matériaux comme le liège, le bois, etc..., et en général tous les isolants, doivent leurs propriétés particulières. Il apparaît donc comme logique et simple, d'employer l'air comme isolant, en l'emprison-

nant entre deux murs. Cet emploi de l'air comme isolant, a été fait dès les débuts de l'industrie frigorifique, malheureusement, on a vite reconnu, que les deux conditions nécessaires pour que l'air soit un bon isolant, à savoir, qu'il soit sec et immobile, sont extrêmement difficiles, sinon impossibles à réaliser en pratique. Malgré toutes les précautions, l'humidité traverse toujours les matériaux employés à la construction des murs ou des enduits ; de plus, ces matériaux sont toujours poreux, et l'air les traverse sous l'effet des variations de pressions dues à la température variable des murs eux-mêmes, de sorte qu'il n'est jamais complètement immobile.

L'isolation par matelas d'air, est donc actuellement abandonnée, en raison des mauvais résultats produits par ces causes diverses.

III. ISOLATION DES APPAREILS, CONDUITES, ETC.

En dehors de l'isolation des locaux, il faut également se préoccuper de celle des appareils ; cuves à saumure, générateurs de glace, tuyaux de conduites, que comprend l'installation. On aurait, en agissant autrement, des déperditions de froid considérables.

Pour les bacs, cuves à saumure, ou générateurs de glace, on a employé longtemps le liège granulé, ou d'autres isolants pulvérulents, placés entre les parois de ces appareils, et un boisage en sapin, fait avec du parquet rainé.

Aujourd'hui, on emploie comme pour les murs, les plaques de liège aggloméré, que l'on recouvre extérieurement d'un boisage.

Les tuyauteries, sont également isolées au moyen de coquilles de liège aggloméré semi-cylindriques. On évite ainsi les pertes par rayonnement dans les couloirs et passages des usines, qui n'ont pas besoin d'être refroidis. Les épaisseurs employées sont les mêmes que pour les isolations de murs, suivant les différents cas.

Il faut avoir bien soin, en isolant les conduites de faire coller les coquilles dessus, au moyen d'une couche d'enduit, et s'assurer que la surface des tuyaux à isoler est bien sèche, pour ne pas emprisonner d'humidité, qui ferait perdre à l'isolant, une partie de ses propriétés. On fixe les coquilles au moyen de colliers de fil de fer à chaque extrémité, en ayant soin de les coller les unes aux autres avec l'enduit spécial, comme pour les briques.

On recouvre ensuite toute l'isolation de bandes de toile peintes avec une peinture antiseptique, sur laquelle on peut passer une couche de vernis, ou de peinture laquée.

Malgré l'isolation la plus soignée, on a toujours un peu de condensation sur les conduites, mais on ne doit jamais y voir de givre, ni de moisissures. Ces dernières en pénétrant dans l'isolant le désagrègent, et y produisent petit à petit, des trous, qui forment autant de points de déperdition.

Il est inutile de faire remarquer, que l'isolation des tuyauteries, doit être également continue. On

ne doit laisser apparents, ni les brides ni les coudes, ou alors le travail d'isolation, donnerait un résultat à peu près illusoire. Il faut remarquer, en effet, que, non seulement on a, de ce fait, une déperdition de froid considérable, par les points non isolés, mais, de plus, le givre se déposant sur ces parties, surtout si elles se trouvent sur une tuyauterie verticale, en fondant, aux heures d'arrêt, mouille l'isolant du reste de la tuyauterie, et l'humidifie, en lui donnant ainsi un coefficient de conductibilité bien supérieur à celui qu'il a normalement. Du reste, on fait des coquilles spéciales pour les brides, et les coudes s'isolent fort bien, en taillant dans les coquilles ordinaires des morceaux de formes appropriées à ce travail.

On isole également les tuyaux d'aspiration des réfrigérants aux compresseurs.

Lorenz, d'après Eberlé, admet comme perte par mètre carré de surface rayonnante, et par degré de différence de température :

12,0 frigorifles-heures pour les tuyaux non isolés.

2,0 frigorifles-heures pour les tuyaux isolés de façon continue.

IV. IMPERMÉABILISATION DU BÉTON

Il nous semble nécessaire avant de terminer ce chapitre, de parler des récentes expériences faites aux États-Unis, sur l'imperméabilisation des bétons, qui présentent un grand intérêt pour les constructions frigorifiques.

Il ne faut pas oublier, en effet, que le ciment fait à la façon ordinaire, n'est pas étanche, et que par suite, les sols des usines frigorifiques s'ils sont mouillés, se laissent pénétrer par l'humidité, qui arrive ainsi jusqu'à l'isolant dont elle diminue la valeur.

- La *Revue Industrielle* du 16 novembre 1912, a publié des essais sur l'imperméabilisation des bétons par l'huile minérale, entrepris par le Bureau des Travaux Publics des Etats-Unis.

Une proportion d'huile minérale de 5 0/0 ajoutée au béton, ne lui retire rien de sa résistance à la traction, la proportion d'huile peut être portée à 10 0/0, sans que la résistance à la compression soit sérieusement influencée.

Le béton fabriqué ainsi, peut être armé ou grillagé comme le béton ordinaire, il n'y a qu'au fer lisse, non profilé, qu'il n'adhère pas.

Voici les qualités que devront posséder les huiles de pétrole employées, pour obtenir les meilleurs résultats.

« 1° Le poids spécifique devra être compris entre 0,930 et 0,940 à la température de 25° C.

« 2° Au moins 99 0/0 devront être solubles dans le sulfure de carbone, à la température ordinaire.

« 3° L'huile ne devra pas contenir moins de 1,5 ni plus de 2,5 0/0 de bitume insoluble dans l'huile de paraffine à 86° B.

« 4° Elle ne devra pas laisser à la combustion, un résidu de moins de 2,5 et de plus de 4 0/0.

« 5° Lorsque 240 centimètres cubes d'huile seront

« chauffés à 50° dans un viscosimètre Engler et se-
 « ront maintenus au moins 3 minutes à cette tempé-
 « rature, les premiers 100 centimètres cubes d'huile
 « qui s'écouleront de l'appareil ne devront pas
 « avoir une viscosité de moins de 40°, ni de plus
 « plus de 45°.

« 6° Lorsque 20 grammes d'huile seront chauf-
 « fés pendant 5 heures à une température cons-
 « tante de 163° C dans une capsule en métal de
 « 60 millimètres de diamètre, sur 25 millimètres de
 « hauteur, la perte en poids ne devra pas dépasser
 « 2 0/0.

« On peut considérer une proportion de 5 0/0
 « d'huile, comme généralement suffisante, pour
 « une bonne imperméabilisation pratique.

CHAPITRE V

Rendement des machines. Vérification des installations.

-
- SOMMAIRE. — I. Importance de la détermination du rendement. — II. Rendement par la production de glace. — III. Rendement par le froid produit au réfrigérant. — IV. Rendement des installations à circulation de saumure. — V. Rendement des machines à affinité. — VI. Comparaison des diverses machines au point de vue du rendement. — VII. Vérification des installations. — VIII. Appareils de mesures.

I, IMPORTANCE DE LA DÉTERMINATION DU RENDEMENT

Nous avons déjà vu ce qu'il fallait entendre par le rendement des machines frigorifiques. Comme nous l'avons dit, le rendement correspondant au cycle de Carnot est un rendement théorique, qui ne répond pas à ce qui se passe en réalité, puisque les machines frigorifiques décrivent un cycle différent. Leur rendement ne pourra donc être, en pratique, qu'une fraction plus ou moins grande de ce qu'il serait, si la machine décrivait, entre les températures extrêmes mesurées au condenseur et au réfrigérant, un cycle de Carnot.

Cette question du rendement est extrêmement importante, puisque c'est elle qui fait toute la valeur de la machine frigorifique, et son expression a donné lieu à bien des discussions entre théoriciens. Récemment encore M. le professeur Marchis, a fait au congrès de Toulouse (septembre 1912), une communication à ce sujet, dans le but d'arriver à une unification du mode d'évaluation du rendement des diverses machines frigorifiques.

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de nous livrer à des discussions théoriques à ce sujet et nous nous contenterons d'exposer les méthodes diverses au moyen desquelles on détermine pratiquement le rendement des machines et des installations.

On emploie plusieurs méthodes, qui varient

suivant les conditions dans lesquelles se présentent les installations. Nous allons indiquer les plus communément employées pour les machines à compression.

II. RENDEMENT PAR LA PRODUCTION DE GLACE

Cette méthode est la plus simple ;

L'installation qu'il s'agit de vérifier doit comporter un bac à glace. On met la machine en route, et on ne commence les observations que quand on est arrivé au régime normal, c'est-à-dire à la température spécifiée comme devant être tenue constamment pendant la fabrication régulière, cette température est généralement de -5° au générateur de glace.

A partir de ce moment, à intervalles réguliers, toutes les demi-heures en général, on retire du générateur de glace un certain nombre de mouleaux que l'on démoule, et que l'on remet pleins d'eau douce dans le bain. On commence par retirer un nombre de mouleaux correspondant à la puissance frigorifique présumée de la machine, si on note au bout d'un certain temps de marche, que la température du bain incongelable varie, et s'abaisse, par exemple, au-dessous de -5° , on retire une plus grande quantité de mouleaux, de façon à ce que la température reste aussi constante que possible ; si elle avait tendance à remonter au-dessus de 5° , il faudrait, au contraire, retirer moins de mouleaux.

Comme c'est la quantité de glace démoulée, qui donne le rendement de la machine, il faut s'arranger de façon à connaître le poids de cette glace aussi exactement que possible. C'est là un point particulièrement délicat.

Dans les petites installations, où on retire les mouleaux un à un séparément, on peut y arriver assez facilement. Le point délicat en effet, est l'évaluation de la perte par fusion au démoulage ; dans le cas qui nous occupe, il suffit de peser les mouleaux pleins avant le démoulage, puis de les peser à nouveau lorsqu'ils sont vides. La différence des deux pesées, donne exactement le poids de la glace fabriquée.

Ce mode d'opérer n'est pas pratique pour les installations un peu importantes, car il est impossible de peser tous les mouleaux et châssis que l'on tire, on est alors obligé de se contenter de n'en peser que quelques-uns et de faire une moyenne pour le tout c'est là une cause d'erreur très sérieuse.

Au lieu d'opérer de la sorte, on peut arranger un dispositif de remplissage, qui remplisse tous les mouleaux uniformément, en se servant d'un bac jaugé, on connaîtra ainsi parfaitement le poids d'eau congelée, et on n'aura pas à s'occuper de la perte au démoulage.

Enfin, pour éviter des corrections, et des évaluations plus ou moins justes, il est bon de s'arranger de telle sorte que l'on ait exactement la même température au générateur de glace à la fin de l'essai, qu'au commencement.

Pour que l'essai ait une valeur, et que l'influence des causes d'erreur diverses que comporte la méthode soit réduite au minimum, il faut le faire pendant une période de temps aussi longue que possible, et comportant toujours plusieurs heures de durée.

C'est une méthode que l'on peut employer dans les usines, pour vérifier de temps en temps la production des machines, elle ne demande, en somme aucuns préparatifs spéciaux, et si on fait durer l'essai 10 à 12 heures, en prenant toutes les précautions voulues, pour éviter les erreurs dans le poids de la glace formée, on obtient des résultats présentant une approximation très suffisante. Elle nécessite qu'un générateur de glace fasse partie de l'installation, et s'applique surtout dans les fabriques de glace.

En même temps qu'on procède à la détermination de la production horaire de froid de la machine, on relève des diagrammes, pour établir le rendement en frigories, par cheval indiqué.

III. RENDEMENT PAR LE FROID PRODUIT AU RÉFRIGÉRANT

Dans cette méthode, qui peut s'appliquer aussi bien à une installation avec générateur de glace, ou avec circulation de saumure, ou encore avec les deux, on mesure la puissance frigorifique de la machine, par l'abaissement de température produite au réfrigérant pendant un temps donné. Pour cela, on arrête la circulation de la saumure

s'il y en a une et s'il y a également des mouleaux dans le réfrigérant, on s'arrange pour commencer les essais quand la glace est entièrement faite, et on n'en retire pas pendant toute leur durée, ou on vide les mouleaux, et on les remplace par une quantité supplémentaire de saumure, amenant le niveau du réfrigérant à la hauteur normale.

L'avantage de cette méthode est d'être très rapide, et de rendre compte également de la façon dont varie le rendement quand la température au réfrigérant baisse.

Nous allons donner un exemple de calcul de rendement par ce procédé, qui fera mieux comprendre la façon dont on opère, et les renseignements qu'il fournit.

Expression de la production. — Si t est la température du bain au temps z ;

W l'équivalent en eau du réfrigérant ;

Q la production au réfrigérant au temps z , on a :

$$(1) \quad Q = W \frac{dt}{dz}.$$

Si on relève les températures t , aux temps z , et si on porte en abcisses les temps et en ordonnées les températures, on obtient une courbe dont l'équation est la forme :

$$(2) \quad z = a + bt + ct^2$$

on en déduit :

$$\frac{dz}{dt} = b + 2ct$$

TABLEAU DES CONSTATATIONS

Heures	Refrigerant		Compresseur			Condenseur			Foremoirée dynamo réceptrice		Nombre de tours de l'hélice du réfrigérant
	CaCl ₂	AzH ₃ constaté	Nombre de tours	Ouverture du réfrigérateur	Refoulement	Eau		AzH ₃	Température de la salle	Volts	
	degrés	degrés				entrée	sortie	degrés	degrés		
4 ^h 0'	— 2	— 7,6	»	»	»	degrés	degrés	+ 26,1	»	»	»
4 ^h 10'	— 3,10	— 8,8	131	1/20 ^c	froid	+ 10,8	»	+ 26,0	+ 14,2	110	71
4 ^h 20'	— 4,05	— 9,5	»	»	»	+ 10,8	+ 16,8	+ 26,2	»	»	»
4 ^h 30'	— 4,90	— 10,3	130	1/20 ^c	légèrement tiède	»	»	+ 26,0	»	111	71
4 ^h 40'	— 5,70	— 11,5	»	»	»	+ 10,7	+ 15,7	+ 26,2	+ 14,8	»	»
4 ^h 50'	— 6,55	— 12,1	129	1/20 ^c	légère tiède	+ 10,6	+ 15,7	+ 26,0	»	111	70
5 ^h 00	— 7,35	— 12,2	»	»	»	»	»	+ 26,1	»	»	»

OBSERVATIONS. — (1) La glace des 30 mouleaux était entièrement formée.

(2) Bain à 65 millimètres du bord supérieur de la cuve.

(3) Glace à 85 millimètres du bord supérieur des mouleaux.

(4) Densité du chlorure de calcium : 1,184 à + 15°. Chaleur spécifique : 0,882.

Ou :

$$\frac{dt}{dz} = \frac{1}{b + 2ct}$$

Dès lors, la production (1) devient :

$$(3) \quad Q = \frac{W}{b + 2ct}$$

La courbe est représentée par la *fig. 52*. L'exa-

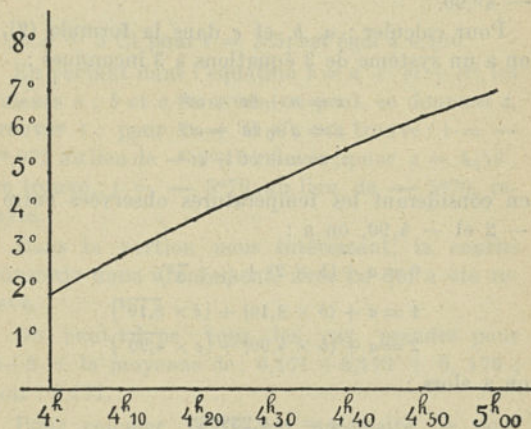


Fig. 52.

men de cette courbe est très intéressant, son tracé doit être absolument régulier, si en un point quelconque elle présente une irrégularité, c'est qu'une cause quelconque, que l'on doit chercher à découvrir, est venue amener une perturbation dans le régime de marche de la machine ; c'est ainsi, en particulier, que les précipitations de sel se traduisent, quand il s'en produit.

Calcul de la production. — La garantie de la machine donnée par le constructeur, étant faite à entre — 2° et — 5° ou :

$$\frac{-2 + 5}{2} = -3^{\circ},5$$

il suffit de considérer la courbe entre — 2°, et — 4°,90.

Pour calculer ; a , b , et c dans la formule (2), on a un système de 3 équations à 3 inconnues :

$$\begin{aligned} z &= a + bt + ct^2 \\ z' &= a + bt' + ct'^2 \\ z'' &= a + bt'' + ct''^2 \end{aligned}$$

en considérant les températures observées entre — 2 et — 4,90, on a :

$$\begin{aligned} 0 &= a + (b \times 2) + (c \times \overline{2^2}) \\ 1 &= a + (b \times 3,10) + (c \times \overline{3,10^2}) \\ 2 &= a + (b \times 4,90) + (c \times \overline{4,90^2}) \end{aligned}$$

on a alors :

$$\begin{aligned} a &= -0,23906 \\ b &= -0,098898 \\ c &= +0,010317 \end{aligned}$$

d'où : $b + 2 ct$ pour $t = -3^{\circ},5$, est égal à 0,171.

Si on prend les températures : — 2° ; — 4°,05 ; et — 4°,90, on obtient :

$$\begin{aligned} b &= -0,0927624 \\ c &= +0,0115437 \end{aligned}$$

d'où $b + 2 ct$ pour $t = -3^{\circ},5$ est égal à 0,173.

Si on établit l'équation de la courbe entre -2° , et $-7^{\circ}35$, en prenant comme point intermédiaire $-4^{\circ}05$, on obtient :

$$a = -0,265522$$

$$b = -0,118025$$

$$c = -0,007368$$

d'où $b + 2 Ct$ pour $t = 3^{\circ}5$, est égal à 0,170.

En portant dans l'équation $z = a + bt + ct^2$, les valeurs a ; b et c trouvées, on peut, se donnant z , trouver t ; pour $z = 41,0'$, on trouve : $t = -3^{\circ},072$ au lieu de $-3^{\circ},10$ relevés ; pour $z = 4,40'$, on trouve : $t = -5^{\circ}79$ au lieu de $-5^{\circ}70$, relevés.

Dans la portion nous intéressant, la courbe concorde donc absolument, avec ce qui a été relevé.

On peut, dans tous les cas, prendre pour $b + 2 ct$, la moyenne de : $0,171 + 0,173 + 0,170$; soit : 0,171.

Pour calculer W , il est nécessaire de pouvoir calculer le poids en eau, du réfrigérant tout entier : bac, serpentins, liquide incongelable, mouleaux, etc.

Le constructeur doit toujours donner les renseignements nécessaires pour cela.

Connaissant les poids de tous les éléments contenus dans le réfrigérant, ou le constituant, on calcule leur valeur en eau, en multipliant leur poids par leur chaleur spécifique.

On obtient ainsi :

{	Chlorure de calcium 2 235 litres.	
{	Densité 1.184 ; chaleur spécifique : 0,882 .	1 974
{	Poids de la glace formée 456 kg.	
{	Chaleur spécifique : 0,504	228
{	Poids du bac, des serpentins et des mou-	
{	leaux 1678 kg.	
{	Chaleur spécifique : 0,12	201
	Valeur en eau totale W =	<u>2 400</u>

La production de la machine à $-3^{\circ},5$ est ainsi :

$$Q = \frac{2400}{0,171} = 14035 \text{ frigories}$$

ou en chiffre rond : 14,000 frigories-heures.

Travail en chevaux, demandé par le compresseur. — Le compresseur est actionné par une transmission commandée par une dynamo.

En charge, la dynamo réceptrice commandant la transmission le compresseur et l'hélice, indiquait : 71 ampères sous 111 volts, soit 7880 watts.

En comptant pour la réceptrice un rendement de 0,80, cela fait 6305 watts sur l'arbre de celle-ci, ou finalement :

$$\frac{6305}{736} = 8 \text{ ch. } 56.$$

La dynamo conduisant la transmission et l'hélice, la courroie du compresseur étant enlevée, indiquait : 18 ampères sous 111 volts, soit 2000 watts.

Il est à remarquer que dans cet essai ; l'hélice tournait à 200 tours, alors que pendant la mar-

che du compresseur, elle tournait à 215 tours ; si elle avait tourné ainsi dans l'essai à vide, on aurait constaté :

$$2\,000 \text{ watts} \times \frac{215}{200} = 2\,150 \text{ watts.}$$

En comptant pour la réceptrice à vide, sur un rendement de 0,70, cela fait 1505 watts sur l'arbre de celle-ci, ou finalement :

$$\frac{1\,505}{736} = 2 \text{ ch. } 04.$$

On en conclut, que la puissance demandée par le compresseur sur l'arbre de transmission intermédiaire, est de :

$$8,56 - 2,04 = 6,52 \text{ chevaux.}$$

Ces 6,52 chevaux sur l'arbre du compresseur, représentent :

$$6,52 \times 0,87 = 5,67$$

chevaux indiqués sur le piston du compresseur, dont l'équivalent thermique est de :

$$5,67 \times 637 \text{ calories} = 3\,611 \text{ frigories.}$$

IV. RENDEMENT DES INSTALLATIONS A CIRCULATION DE SAUMURE

On peut également déterminer le rendement des installations à circulation de saumure, sans fa-

brication de glace, sans arrêter la circulation mais, au contraire, en laissant cette circulation se faire normalement.

Dans ce cas, on mesure exactement la quantité d'eau débitée au condenseur, et on note pendant tout l'essai, les températures de cette eau à l'entrée au condenseur, soit : t , et à la sortie du condenseur, soit t' . La chaleur absorbée par l'eau de circulation du condenseur, est ainsi, si q est la quantité d'eau débitée à l'heure :

$$C = q \times (t - t').$$

On mesure également le débit de la saumure en circulation, soit : q' , et les températures de cette saumure à la sortie du réfrigérant, et au retour des chambres froides, soit θ et θ' ces températures. L'essai ayant commencé lorsque la saumure avait par exemple 0° , et celle-ci ayant par exemple, une température τ à la fin de l'essai, on appelle : e l'abaissement de la température de la saumure pendant toute la durée de l'essai. Si la quantité de saumure totale, c'est-à-dire contenue dans le réfrigérant, et circulant dans les batteries des chambres froides, est Q ; la quantité de chaleur absorbée dans le parcours des chambres froides par cette saumure est :

$$C' = q \times d \times c(t - t') + Q \times d \times c \times e$$

dans cette formule .

d désigne le poids spécifique de la saumure,
 c désigne la chaleur spécifique de la saumure.
 La question importante dans un essai de ce

genre, est de mesurer exactement les débits d'eau au condenseur, et de saumure. On y arrive au moyen d'appareils spéciaux que nous allons décrire.

On se sert de bacs de jaugeage comme celui de la fig.53, dû au professeur Brauer. C'est un réservoir cylindrique dont le fond est percé de plusieurs orifices Poncelet, c'est-à-dire, d'ouvertures circulaires à arêtes vives. L'eau à jauger arrive à la partie supérieure et la vitesse d'écoulement est fonction de sa hauteur dans le bac. On doit donc faire de fréquentes lectures de cette hauteur h , et en prendre la moyenne pour les calculs. On connaît le débit horaire de l'eau avec un appareil de ce genre, par la formule :

$$Q = \varphi \times s \times \sqrt{2gh} \times 3600$$

dans laquelle :

h est la hauteur de charge relevée dans le bac

s la section de l'orifice Poncelet, ou la somme des sections des orifices s'il y en a plusieurs,

φ le coefficient de contraction.

On peut prendre pour φ la valeur de 0,62, mais comme cette valeur dépend du diamètre des orifices, il vaut mieux la déterminer pour chaque bac. Nous verrons plus loin comment on fait cette détermination. (Voir rendement des machines à affinité).

L'appareil du professeur Brauer (fig.53), permet de vérifier très exactement le débit de chacun des orifices dont est percé le fond du bac, au moyen d'un entonnoir E, qui par un tube de

caoutchouc, envoie l'eau passant dans un petit orifice, dans un petit récipient jaugé, dont on mesure le temps de remplissage.

Quand on n'a pas sous la main l'appareil que nous venons de décrire, on prend un bac quelconque

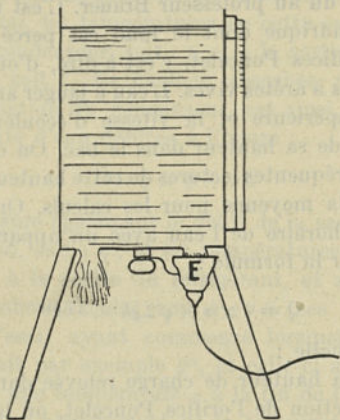


Fig. 53.

que l'on perce d'orifices au fond, et dans lequel on dispose une échelle graduée, permettant de lire les variations du niveau.

Les observations à faire dans un essai de puissance frigorifique de ce genre, sont les suivantes :

Au condenseur :

- 1° Température de l'eau à l'entrée,
- 2° Température de l'eau à la sortie,
- 3° Température de liquéfaction du fluide,
- 4° Débit de l'eau.

Au réfrigérant :

1° Quantité totale de saumure, c'est-à-dire, saumure dans le réfrigérant, et saumure dans le circuit extérieur.

2° Température de la saumure au commencement de l'essai.

3° Température de la saumure à la fin de l'essai.

4° Différence entre la température de la saumure à la sortie du réfrigérant, et au retour du circuit extérieur.

5° Concentration de la saumure. — Poids spécifique.

6° Chaleur spécifique de la saumure.

7° Débit de la saumure.

Dans la mesure de la densité de la saumure, il faut avoir soin d'opérer à $+15^{\circ}$, pour ne pas avoir à faire de correction.

Voici d'après Lenhert, un tableau des poids spécifiques et chaleurs spécifiques des dissolutions de chlorure de calcium, et de sel marin pour un certain nombre de concentrations. (Voir tableau X).

Les formules que nous avons données permettent avec des chiffres fournis par ces diverses déterminations, de calculer le rendement d'une machine.

Nous n'avons pas parlé, dans les diverses méthodes que nous venons d'indiquer, des pertes par conductibilité des bacs réfrigérants que comporte l'installation à vérifier. Ce que nous avons dit sur l'isolation, permet de calculer très facilement ces pertes ; mais en général, on les néglige,

TABLEAU X

Sel employé	Sel marin à 15° C.				Chlorure de calcium à 15° C.			
	10	15	20	25	10	15	20	25
Teneur en 0/0.								
Poids spécifique	1,073	1,112	1,151	1,192	1,087	1,134	1,182	1,234
Densité en degrés Baumé.	10,1	14,5	19,0	23,2	11,4	17,1	22,3	27,3
Chaleur spécifique de l'unité de poids.	0,916	0,874	0,832	0,790	0,878	0,817	0,754	0,700
Chaleur spécifique de l'unité de volume.	0,98	0,98	0,96	0,94	0,95	0,93	0,89	0,86

et on arrive quand même, en conduisant bien les essais, à une approximation n'atteignant pas 5 0/0 d'erreur, ce qui est suffisant en pratique.

Le point sur lequel doit porter particulièrement l'attention de l'opérateur, est la justesse et l'éta-lonnage des appareils de mesure, manomètres et thermomètres; une erreur de leur part, entraînerait l'obtention de mauvais résultats.

V. RENDEMENT DES MACHINES A AFFINITÉ

Les machines à affinité étant, comme nous l'avons vu, beaucoup moins répandues que les ma-

chines à compression, il est beaucoup plus rare d'avoir à déterminer leur rendement. La méthode par production de glace, que nous avons exposée, peut s'appliquer à ces machines, mais il faut, pour des essais devant donner des résultats précis, procéder par d'autres méthodes.

Nous ne pouvons mieux faire, pour indiquer la marche à suivre, que de citer en entier l'essai publié par M. Desvignes en avril 1904 (*Industrie Frigorifique*), sur une machine à affinité. Cet essai a été entrepris pour établir une comparaison entre la valeur des machines à compression, et celle des machines à affinité. L'auteur, comme on le verra, a opéré avec une précision parfaite, en réduisant au strict minimum les causes d'erreur. Nous pensons que ce remarquable travail est le meilleur exemple que l'on puisse donner d'un essai de ce genre.

« Pour que les résultats d'un essai de rendement puissent être considérés comme exacts, il faut arriver à établir le bilan thermique de cet essai à 5 0/0 près. C'est l'erreur relative maximum que l'on admet pour un essai bien conduit et qui représente l'inégalité des déperditions, l'imperfection des instruments de mesure et l'équation personnelle de l'observateur. On doit donc, dans une machine à affinité, déterminer aussi exactement que possible :

« 1° La chaleur Q_2 , cédée par la vapeur à la chaudière à ammoniacque.

« 2° La chaleur Q_1 , cédée par l'eau salée du réfrigérant ;

« 3° L'équivalent thermique AL , du travail de
« la pompe à liquide riche ;

« 4° La chaleur Q_2 , enlevée au condenseur ;

« 5° La chaleur Q_a , enlevée à l'absorbeur ; et
« trouver, à 5 0/0 près ;

$$Q_c + Q_1 + AL = Q_2 + Q_a.$$

« Voici quels sont les moyens que nous avons
« employés pour effectuer la mesure de ces di-
« verses quantités de chaleur.

« 1° Chaleur cédée par la vapeur à la chaudière
« à ammoniaque.

« La vapeur était fournie par des chaudières
« Babcock et Wilcox, marchant à une allure très
« modérée, la vaporisation atteignant à peine
« 8 kilos par mq. de surface de chauffe. Cette
« vapeur arrivait à la chaudière à ammoniaque
« à une pression de 2, 1 kilogramme plus élevée que
« celle du serpentín de chauffe, par une conduite
« très bien isolée et peu longue, de sorte que la
« chute de pression qu'elle subissait en passant
« dans la vanne de réglage suffisait à produire
« la réévaporation de la faible quantité d'eau
« qu'elle pouvait contenir en arrivant à cette
« vanne. La vapeur était donc sèche et sa pression,
« indiquée par un manomètre placé à l'autre ex-
« trémité du serpentín de chauffe, permettait de
« calculer la température et la chaleur totale cor-
« respondantes.

« Immédiatement après le manomètre du ser-
« pentín se trouvait un robinet suivi d'un serpen-
« tin en plomb présentant une surface d'environ

« 5 mq., placé dans un réservoir cylindrique et
 « maintenu à une température à peu près cons-
 « tante au moyen d'un courant d'eau dont le débit,
 « ainsi que la température initiale et finale, étaient
 « mesurés fréquemment. Au moyen du robinet
 « placé à l'origine de ce serpentín refroidisseur,
 « on réglait le débit de la vapeur condensée, de
 « façon à ce qu'elle le quittât à une température
 « d'environ + 24°. L'eau ainsi recueillie, qui re-
 « présentait la totalité de la vapeur admise dans
 « le serpentín de chauffe, se rendait dans des réci-
 « pients jaugés et on notait sa température.

« Avec les données ci-dessus on pouvait calculer
 « la chaleur totale apportée par la vapeur à son
 « entrée dans la chaudière à ammoniacale, la chaleur
 « qu'elle avait cédée au serpentín refroidisseur et
 « enfin celle qu'elle contenait encore en le quittant.
 « par différence, on trouvait alors la chaleur Q_c ,
 « absorbée par la solution ammoniacale.

« 2° Chaleur cédée par l'eau salée au réfrigérant.
 « Le réfrigérant alimente deux générateurs à
 « glace, au moyen d'une pompe centrifuge et d'un
 « déversoir qui maintient son niveau constant.
 « On prenait fréquemment la température de l'eau
 « salée à l'entrée et à la sortie. Quant au débit de
 « la pompe, il était mesuré au moyen d'un bac en
 « tôle immédiatement au-dessus de l'appareil et
 « dans lequel arrivait le refoulement de cette
 « pompe ; le fond de ce bac était percé d'un trou
 « et on relevait très souvent la hauteur de l'eau
 « salée au moyen d'une règle graduée portant dans
 « le bas une pointe recourbée correspondant au 0

« et qu'on faisait affleurer. Ce dispositif permet
 « d'observer la hauteur de la charge h , à moins de
 « 1 millimètre près. Le débit de la pompe W_1 en
 « mètre cube par heure est alors :

$$W_1 = 3\,600 \varphi_s \sqrt{2gh}$$

« φ étant le coefficient de contraction et la s sec-
 « tion de l'orifice.

« Pour déterminer exactement φ_s on a fait avant
 « et après les essais une série d'observations en
 « remplissant le bac de jauge avec de l'eau salée
 « jusqu'à une hauteur h_2 et en observant le temps
 « nécessaire à l'abaissement du niveau de section
 « s jusqu'à une hauteur h_1 . On avait alors :

$$\varphi_s = \frac{2s}{\sqrt{2g}} \times \frac{(\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})}{Z}$$

« 3° Equivalent thermique du travail de la
 « pompe à liquide riche.

« Cette pompe est à simple effet, son diamètre
 « est de 0,122 mètre et sa course de 0,150 mètre.
 « Pendant les essais, elle faisait 39,5 tours par mi-
 « nute et engendrait par conséquent 4,155 mètres
 « cubes par heure.

« Si p_2 représente la pression absolue à la
 « chaudière à ammoniacque et p_a la pression abso-
 « lue à l'absorbeur, le travail théorique L ab-
 « sorbé par cette pompe en kilogrammètres par
 « heure est :

$$L = 41\,550 (p_2 - p_a)$$

« et son équivalent thermique :

$$AL = \frac{L}{424} = 97.97 (p_2 - p_a)$$

« p_2 et p_a étant exprimés en kilogrammes par centimètre cube.

« 4° Chaleur enlevée au condenseur.

« L'eau du puits venant du réservoir de l'usine, « maintenu à un niveau constant au moyen d'un « trop plein, arrive à la partie inférieure du con- « denseur à ammoniac, en sort à la partie su- « périeure et se rend ensuite à l'absorbeur, placé « en contre-bas. On relevait la température de l'eau « à l'entrée et à la sortie de l'appareil et son débit « était mesuré au moyen d'un bac de jauge inter- « calé entre la décharge de ce condenseur et l'arri- « vée à l'absorbeur par la même méthode que celle « employée pour la mesure du débit de l'eau salée « du réfrigérant.

« 5° Chaleur enlevée à l'absorbeur.

« L'eau ayant traversé le condenseur vient re- « froidir cet appareil en ruisselant sur la surface « extérieure de ses tubes. Il y passait donc la même « quantité d'eau qu'au condenseur et, pour éviter « toute évaporation, cet appareil était renfermé « dans une enveloppe hermétique. La température « de l'eau à l'entrée de l'absorbeur, relevée à plu- « sieurs reprises, a toujours été trouvée égale à celle « de la sortie du condenseur. La température de « l'eau à la sortie de l'absorbeur était prise au point « où cette eau se rassemble pour gagner l'égout.

« Les pressions étaient indiquées par des mano-

« mètres Bourdon, neufs ou nouvellement remis
« en état.

« Tous les thermomètres employés ont été préa-
« lablement comparés avec un étalon, dans la glace
« fondante et à différentes températures, afin de
« pouvoir établir la courbe de correction pour
« chaque instrument. La plupart de ces thermo-
« mètres permettaient d'évaluer la température à
« $0^{\circ},1$ près ; celui du réfrigérant était divisé en
« $1/10$ de degré.

« La préparation des essais — mise en place des
« bacs de jauge, modification des conduites, éta-
« lonnage des instruments, essais à blancs, etc., — a
« demandé plusieurs semaines et, le 2 novembre
« 1903, l'essai principal a pu être effectué. Cet essai
« a duré 6 heures, de 11 heures du matin à cinq
« heures du soir. La constance du régime ayant
« été parfaite, il n'y avait aucun intérêt à le pro-
« longer.

« La température moyenne finale ne différait de
« la température moyenne initiale que de $0^{\circ},01$
« pour le condenseur et le réfrigérant, de $0^{\circ},1$ pour
« l'absorbeur et de $0^{\circ},6$ pour le liquide pauvre. Ce
« faible écart montre combien le régime général a
« été constant. Nous avons cependant tenu compte
« de la correction à apporter par suite de l'échauf-
« fement ou du refroidissement des appareils.

« Nous donnons ci-dessous les résultats de nos
« observations.

Date de l'essai 3 nov. 1903
Durée de l'essai 6 heures

Pression barométrique moyenne dans la salle des machines.	768 mm.
Température moyenne dans la salle des machines.	+ 15°9
Etat hygrométrique moyen dans la salle des machines.	82 0/0

I. Chaudière à ammoniacque

Pression absolue dans la chaudière. . .	12,10 kg.
Température du liquide pauvre quittant la chaudière.	+ 142°6
Pression absolue de la vapeur dans le serpentin.	6,63 kg.
Température correspondante.	+ 161°9
Chaleur totale de la vapeur par kg. . .	655,9 cal.
Poids de vapeur condensée par heure. .	599,2 kg.
Chaleur totale apportée par la vapeur .	393,00 cal.

II. Serpentin refroidisseur

Eau de refroidissement par heure . . .	3.015 kg.
Température de l'eau à l'entrée. . . .	+ 13°86
Température de l'eau à la sortie . . .	+ 52°92
Chaleur enlevée par le serpentin . . .	117.802 cal.
Température de sortie de la vapeur con- densée et refroidie.	+ 23°93
Chaleur emportée par cette vapeur. . .	14.351 cal.
Chaleur Q_e , cédée par heure à la chau- dière à ammoniacque	260 850 cal

III. Condenseur

Température de l'ammoniacque	+ 30°27
Température de l'eau à l'entrée. . . .	+ 13°86
Température de l'eau à la sortie . . .	+ 21°76
Eau de condensation par heure. . . .	15.360 kg.
Chaleur Q_2 enlevée par heure au conden- seur.	121.362 cal.

IV. Absorbeur

Pression absolue à la sortie du liquide riche	1,80 kg.
Température de l'eau à l'entrée.	+ 21°76
Température de l'eau à la sortie	+ 36°66
Eau de refroidissement par heure.	15.360 kg.
Chaleur Q_a , enlevée par heure à l'absorbeur.	228.864 cal.

V. Réfrigérant

Pression absolue de l'ammoniaque.	2,11 kg.
Température correspondante.	17°64
Température de l'eau salée à la sortie	10°25
Température de l'eau salée à l'entrée.	7°61
Eau salée circulant par heure	40.608 lit.
Poids spécifique de l'eau salée à - 10°.	1.140
Chaleur spécifique de l'eau salée (NaCl).	0,831
Chaleur Q_1 cédée par heure au réfrigérant.	101.544 cal.

VI. Pompe à liquide riche

Débit théorique de la pompe par heure.	4.155 lit.
Différence de pression entre la chaudière et l'absorbeur	10,3 kg.
Travail théorique par heure	427,970 kgm.
Equivalent thermique AL de ce travail	1,009 cal

Bilan thermique

Chaleur cédée: $260.850 + 101.544 + 1.009 =$	363.403 cal.
Chaleur enlevée: $121.362 + 228.864 =$	350.226 cal.
Erreur absolue	$= 13.177$ cal.
Erreur relative $= 13.177 : 363.403$	3,63 %

« Nous ne nous sommes pas occupé de la production de la glace, puisque les appareils dans

« lesquels on la fabriquait n'étaient pas compris
 « dans le cycle des transformations que nous
 « avons à étudier. Nous avons seulement de-
 « mandé que l'enlèvement de cette glace soit fait
 « méthodiquement de façon à maintenir la tempé-
 « rature du bain à peu près constante. Toutefois le di-
 « recteur de l'usine, pour contrôler nos résultats,
 « à fait peser cette glace et a trouvé un poids net
 « (glace démoulée) de 5.508 kilos pour les 6 heures
 « d'essai, soit une production effective de 918
 « kilos de glace démoulée par heure, coûtant :

$$101.544 : 918 = 110,6 \text{ frigories par kg.}$$

« Ce chiffre, qui concorde parfaitement avec
 « l'expérience, vient confirmer indirectement
 « l'exactitude des résultats obtenus, si la faible
 « erreur relative trouvée ne suffisait pas à convain-
 « cre le lecteur.

« Le rendement thermique de la chaudière est
 « ici :

$$Q_1 : Q_c = 101.544 : 260.850 = 38,9 \text{ } 0/0 ;$$

« soit 30 0/0 de plus que celui trouvé par Den-
 « ton pour la machine de Pontifeso et Wood.

« On devait s'attendre *a priori*, à cette supério-
 « rité de rendement thermique, due surtout à la
 « récupération, dans le rectificateur, au moyen du
 « liquide riche retournant à la chaudière, de la
 « chaleur emportée par la vapeur d'eau.

« Pour pouvoir établir une comparaison judi-
 « cieuse de cette machine avec d'autres systèmes,
 « ce n'est pas seulement le rendement thermique
 « de la chaudière à ammoniaque qu'il faut considé-

« rer, mais bien celui de la machine elle-même,
« c'est-à-dire le rapport du froid produit au réfri-
« géral à la chaleur totale empruntée à la source
« génératrice de cette chaleur, autrement dit à la
« chaudière à vapeur. Cette chaleur totale com-
« prend :

« 1° La chaleur fournie à la chaudière à ammo-
« niaque ;

« 2° La chaleur fournie au moteur qui actionne
« la pompe à liquide riche, et la pompe qui renvoie
« la vapeur condensée à la chaudière à vapeur ;

« 3° La perte d'effet de la vapeur dans le serpen-
« tin de la chaudière à ammoniacque ;

« Nous avons trouvé pour la chaleur fournie à
« la chaudière à ammoniacque, 260.850 calories, et
« pour l'équivalent thermique du travail théorique
« de la pompe à liquide riche, 1.009 calories.

« Dans la marche industrielle de cette machine,
« la vapeur condensée est reprise à la sortie du
« serpentin de chauffe par une pompe spéciale, à
« simple effet, ayant un diamètre de 0,095 millim-
« ètres, une course de 0,070 millimètres et une
« vitesse de 79 tours par minute ; elle engendrait
« donc par heure un volume théorique de 2.534
« litres. Cette pompe aspire par conséquent, non
« seulement la vapeur condensée, mais encore un
« certain volume de vapeur qui traverse le ser-
« pentin de la chaudière à ammoniacque sans y
« produire aucun effet.

« Supposons, pour simplifier, les calculs, que
« la vitesse de cette pompe puisse être réglée de
« telle façon qu'elle n'aspire que la vapeur con-

« densée dans le serpentin. Cette vapeur arrivant
 « sèche à une pression absolue de 6,63 kilogrammes
 « peut céder en se condensant à pression et à tem-
 « pérature constantes, 492,21 calories par kilo-
 « gramme et contient encore, en sortant du serpen-
 « tin, une chaleur de liquide de 163,65 calories. La
 « pression absolue de la chaudière étant 8,73 kilo-
 « grammes, et la chaleur totale à cette pression,
 « 659,29 calories, la chaleur qu'il faut fournir à
 « chaque kilogramme d'eau envoyé par la pompe
 « à + 161^o9 pour le transformer en vapeur à 8,73
 « kilogrammes est donc $659,29 - 163,65 = 495,64$
 « calories alors que ce même kilogramme de va-
 « peur ne donne à la chaudière à ammoniac que
 « 492,21 calories d'où une perte d'effet de :

$$\frac{(495,64 - 492,21)}{495,64} = 0,69 \text{ } \%$$

« Le poids de vapeur qui se condense par heure
 « dans le serpentin de la chaudière à ammoniac
 « est :

$$260.850 : 492,21 = 530,0 \text{ kg.}$$

« Et le travail théorique de la pompe à vapeur
 « condensée, pour une différence de pression de
 « 2,1 kilogramme, est :

$$L = 530 \times 21 = 11.130 \text{ kgm.}, \quad \text{d'où} \quad AL = 26 \text{ cal.}$$

« Pour actionner les deux pompes, dont l'équi-
 « valent thermique du travail théorique total est
 « $1.009 + 26 = 1.035$ calories, fût-ce avec un
 « moteur très perfectionné rendant 20 0/0 de la

« chaleur qui lui est fournie, il faudra emprunter
« à la source de chaleur au moins :

$$1.035 : 0,20 = 5.175 \text{ cal.}$$

« Le rendement thermique de la machine en
« marche normale sera donc :

$$101.544 : \left(\frac{260.850}{1 - 0,0069} + 5.175 \right) = 37,9 \text{ } \%.$$

« Nous ferons remarquer que la pompe à vapeur
« condensée, qui existait déjà dans les machines
« Carré et qui par conséquent, ne fait pas partie
« des modifications apportées à ces machines, est
« un facteur d'amélioration très important dans
« les machines à affinité, où on la remplace géné-
« ralement, mais à tort, par un simple purgeur au-
« tomatique qui, dans le cas considéré, ne rendrait
« que le 88,2 0/0 de la vapeur condensée, la vapo-
« risation étant de 11,8 0/0 pour une chute de pres-
« sion de 6,63 kilogrammes à 1,03 kilogrammes.
« Or, comme la décharge du purgeur serait de 100°
« et qu'il faudrait y ajouter 11,8 0/0 d'eau, qu'on
« pourrait trouver à environ + 35° à la sortie de
« l'absorbeur, pour compenser la perte par évapora-
« tion, ce qui donnerait une température moyenne
« de +92°3, il faut fournir à chaque kilogramme
« de cette eau pour la transformer en vapeur de
« 8,73 kilogrammes 659,29 - 92,71 = 566,58 ca-
« lories d'où une perte d'effet de :

$$\frac{(566,58 - 492,21)}{566,58} = 13,13 \text{ } \%.$$

« De plus, la pompe alimentaire prendrait

$$530 \times 77 = 40.810 \text{ kgm.} = 96 \text{ cal.}$$

« et le rendement thermique de la machine tomberait alors à :

$$101.544 : \left(\frac{260,850}{1 - 0,1313} + \frac{1.105}{0,20} \right) = 33,2 \text{ } \%$$

« L'emploi de la pompe à vapeur condensée augmente donc le rendement thermique de la machine de 14 0/0.

« Nous avons dit que dans la nouvelle machine il n'y avait pas d'échangeur, du moins d'après la description qui en a été donnée, mais qu'à l'usine de la rue Rouelle on avait conservé ceux des anciennes machines Carré.

« Le liquide pauvre se refroidit dans ces appareils, d'environ 65°. En évaluant à 1000 kilogrammes le poids du liquide pauvre circulant par heure dans un échangeur, avec une chaleur spécifique sensiblement égale à celle de l'eau, cela représente une récupération de 65.000 calories. La suppression de l'échangeur ferait donc tomber le rendement thermique de la machine à 30,5 0/0.

« Aussi croyons-nous que c'est une faute d'éliminer un appareil qui augmente le rendement thermique de près de 25 0/0.

VI. COMPARAISON DES DIFFÉRENTES MACHINES, AU POINT DE VUE DU RENDEMENT.

Le travail que nous venons de citer, avait été fait par M. Desvignes, pour comparer la valeur des machines à affinité et de celles à compression. Il a donc été amené à établir les rendements qui auraient été obtenus avec des machines à compression, à ammoniac, à acide sulfureux, et à acide carbonique, fonctionnant entre les mêmes températures au condenseur et au réfrigérant. Il a trouvé que dans ce cas, on aurait produit par cheval indiqué au compresseur :

Avec l'ammoniac	2 490 frigories
Avec l'acide sulfureux	2 330 »
Avec l'acide carbonique	2 300 »

Il a dressé ensuite le tableau suivant donnant le rendement thermique de chaque système de machine à compression actionné par la vapeur saturée, la vapeur surchauffée, et le gaz pauvre. Les chiffres placés entre parenthèses, indiquent de combien dans chaque cas, ce rendement est supérieur à celui de la machine à absorption, pour laquelle l'auteur a trouvé le chiffre de 37,9 0/0 (Voir tableau XI).

Le rendement thermique des machines à compression se trouve donc être de 13 0/0, à 142 0/0 supérieur à celui des machines à affinité.

Depuis ces essais, il est certain que l'on n'a

TABLEAU XI

Moteur à :	Vapeur saturée	Vapeur surchauffée	Gaz pauvre
Ammoniac	46,3 0/0 (22 0/0)	54,5 0/0 (43 0/0)	91,9 0/0 (142 0/0)
Acide sulfureux	43,3 0/0 (14 0/0)	50,8 0/0 (34 0/0)	86,0 0/0 (127 0/0)
Acide carbonique	42,8 0/0 (13 0/0)	50,2 0/0 (32 0/0)	84,9 0/0 (124 0/0)

cessé de perfectionner les appareils échangeurs de températures, et qu'on a pu ainsi arriver à améliorer le rendement de ces dernières, néanmoins, comme conclut M. Desvignes; « quelles que soient les améliorations que l'on pourrait encore apporter à la nouvelle machine à affinité, on n'atteindra jamais le rendement thermique des machines à compression. »

Si nous voulons comparer les machines à compression de gaz liquéfiables, avec les machines à vapeur d'eau du système Leblanc, nous trouvons avec ce dernier, que dans les conditions les plus mauvaises pour les premières, c'est-à-dire avec une eau de condensation à 30°, et une température de — 5° au réfrigérant, le nombre de frigories produites par kilogramme de vapeur serait de :

188 pour une machine à ammoniac

138 pour une machine à acide sulfureux

125 pour une machine à vapeur d'eau.

Si l'eau de condensation était à une température plus normale, les rendements des deux premières seraient beaucoup plus supérieurs à celui de la machine à vapeur d'eau.

Donc, actuellement, les machines à compression, à gaz liquéfiables, sont celles donnant incontestablement les meilleurs rendements, et ce n'est que dans des cas particuliers, pour des applications spéciales, qu'on peut leur préférer les autres systèmes de production du froid.

VII. VÉRIFICATION DES INSTALLATIONS

En dehors de la mesure du rendement des machines, il faut également, dans une installation comprenant des chambres froides, vérifier : la répartition des températures dans tous les points d'une chambre, et la déperdition horaire de froid.

Répartition des températures dans tous les points d'une chambre. — Cette mesure se fait en plaçant en différents endroits de la chambre des thermomètres. Ces appareils doivent tous indiquer des températures sensiblement égales et, en tous cas, ne variant pas de plus de 1 degré au-dessus ou en dessous de la moyenne.

Déperdition horaire. — La déperdition horaire de froid, se constatera après l'arrêt de la machine, la chambre étant fermée. Pour les frigorifiques d'abattoirs, le cahier des charges de l'*Association Française du Froid*, spécifie que pendant les heures d'arrêt régulièrement prévues, la température des chambres ne devra pas s'élever de plus

de 2°. Cette tolérance est plutôt large, mais se comprend étant donné que les frigorifiques d'abattoirs sont généralement des usines isolées des autres bâtiments, et recevant, par suite, un apport de chaleur considérable sur toute leur surface extérieure. Il n'en est plus de même dans une usine comprenant un certain nombre de chambres, dont la plupart ne sont séparées les unes des autres que par des cloisons, et ne comportent en tout cas qu'une faible surface de mur exposée au rayonnement solaire ; dans celles-ci, avec un bon isolement, on peut parfaitement arriver, avec un système à circulation de saumure, à ce que la température ne s'élève pas de plus de 1° centigrade pendant un arrêt de 10 heures.

VIII. APPAREILS DE MESURES

Dans toutes les installations frigorifiques, il est nécessaire de disposer d'appareils permettant le contrôle du fonctionnement de ces installations.

Les appareils dont l'usage est courant et journalier, et tout à fait indispensable, pour la conduite des usines productrices de froid, sont :

Les thermomètres,

Les hygromètres et psychromètres,

Les anémomètres,

Les densimètres.

Thermomètres. — On se sert de thermomètres mercure, pour mesurer les températures des bacs à saumure, générateurs de glace, etc...

Pour les générateurs de glace et bacs à saumure, on peut employer des thermomètres à longues tiges, fixés à demeure, et sur lesquels on lit les températures sans avoir à ouvrir les portes des bacs.

On peut également fixer un thermomètre d'angle, sur une tige de bois, le réservoir plongeant dans une petite timbale métallique. En plongeant cet appareil dans un bac, la timbale se remplit de saumure, et on lit la température après avoir retiré le thermomètre du bac, sans avoir à craindre d'erreurs.

La Société Linde place, en certains points des tuyauteries, de petits réservoirs métalliques dans lesquels on place de l'huile incongelable. Le thermomètre, dont le réservoir plonge dans l'huile, est fixé par une bague filetée dans le réservoir, ce moyen permet d'employer des thermomètres plus sensibles que ceux à longue tige.

Dans les chambres froides des Entrepôts, les caves de brasseries, les cales de navires frigorifiques, en un mot, dans tous les locaux refroidis on se sert de thermomètres enregistreurs, qui donnent les températures des chambres, et indiquent les variations qu'elles peuvent subir pendant toute la journée. Les appareils les plus employés, sont les thermomètres enregistreurs Richard (*fig. 54*).

Ces appareils sont basés sur les variations de courbure que subit un tube en cuivre, de section méplate, plein d'un liquide ne congelant qu'à basse température, lorsqu'il est soumis à des

variations de températures. C'est la dilatation du liquide renfermé dans le tube, qui produit les changements de courbure de celui-ci.

L'une des extrémités du tube est fixée sur le bâti de l'appareil, l'autre qui est libre, est reliée par une bielle, à un levier, qui change d'inclinaison, sous l'effet des variations de courbure des

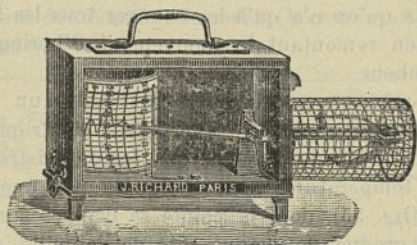


Fig. 54. — Thermomètre enregistreur Richard.

tubes. A l'extrémité de ce levier, on fixe une plume que l'on remplit d'une encre spéciale, et qui inscrit les variations de position de cette extrémité, sur une feuille de papier. Cette feuille de papier, est fixée sur un tambour animé d'un mouvement de rotation commandé par un mouvement d'horlogerie, de sorte que la plume y inscrit une courbe.

Les thermomètres enregistreurs que l'on emploie généralement, sont du type adopté par le Bureau Central Météorologique de France, gradués de $- 10^{\circ}$ à $+ 40^{\circ}$.

Ces appareils sont réglés par comparaison avec

un thermomètre à mercure ; ils se dérèglent assez facilement, et il est nécessaire de les vérifier de temps en temps avec un thermomètre étalon, pour les régler à nouveau, s'il est nécessaire. Le réglage se fait au moyen d'une clef agissant sur une vis de rappel, et soulevant plus ou moins l'extrémité fixe du tube de cuivre. Les feuilles fixées sur les tambours, sont graduées pour une semaine, de sorte qu'on n'a qu'à les changer tous les huit jours, en remontant le mouvement d'horlogerie du tambour.

Les mêmes constructeurs, ont établi un modèle de « thermomètre avertisseur électrique », basé sur le même principe que les enregistreurs.

Les températures sont indiquées par une aiguille (*fig. 55*), dont la pointe se déplace sur un secteur gradué ; de chaque côté de l'aiguille, sont disposées deux tiges de cuivre, dont le contact avec elle, ferme un circuit électrique, sur lequel se trouve une sonnerie. En plaçant ces tiges en face des températures maxima et minima entre lesquelles doit se maintenir celle de la chambre, on sera averti par la sonnerie, dès que l'une ou l'autre sera atteinte. On peut ainsi régler avec beaucoup de précision la température d'une chambre, sans être obligé d'y entrer fréquemment, la sonnerie pouvant être placée dans la salle des machines.

Il existe d'autres appareils enregistreurs, système Fournier, basés sur les propriétés des vapeurs saturantes, dont les variations de tensions, ne sont fonctions que de la température. Ces appa-

reils permettent le tracé à distance, des courbes de variation des températures, et des états hygrométriques des chambres froides, de sorte que les enregistreurs proprement dits, peuvent être placés dans le bureau du directeur de l'usine, ou à tout autre endroit jugé convenable.

Nous décrivons ailleurs, la sonde thermoélectrique permettant de mesurer la température interne des denrées réfrigérées (V. conservation de la viande).

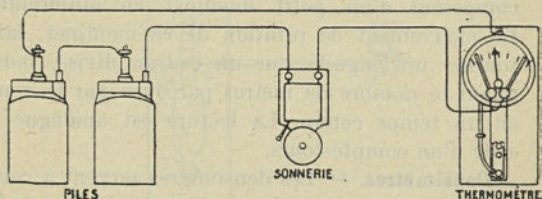


Fig. 55. — Thermomètre avertisseur Richard

Hygromètres et Psychromètres. — Nous avons expliqué ce qu'est l'état hygrométrique d'une atmosphère, et comment on le mesure au moyen du psychromètre.

Il existe des hygromètres plus ou moins ingénieux, pour la mesure du degré hygrométrique. Nous avons dit ce qu'il fallait penser de la valeur des indications fournies par ces appareils, et n'avons pas à y revenir, nous ne les décrivons donc pas.

Les hygromètres enregistreurs de la maison Richard, sont construits d'une façon analogue aux thermomètres ; ils sont basés sur la dilatation plus ou moins grande d'un faisceau de cheveux,

sous l'action de l'humidité. Ces appareils donnent des indications très utiles au point de vue de la variation de l'état hygrométrique des chambres froides, mais à la condition qu'on vérifie leurs indications au moyen d'un psychromètre.

Anémomètres. — Ce sont des appareils permettant de vérifier la vitesse de l'air dans les canalisations de ventilation.

Ceux dont on se sert le plus fréquemment, se composent d'un petit moulinet en aluminium. Le mouvement de rotation de ce moulinet, fait tourner une aiguille sur un cadran divisé, indiquant le nombre de mètres parcouru par le vent en un temps connu. La lecture est analogue à celle d'un compte-tours.

Densimètres. — Les densimètres servent à connaître la densité en degrés Baumé, ou le poids spécifique des solutions salines employées comme saumure ; il suffit de les plonger dans le liquide dont on veut vérifier la concentration, et de lire le chiffre jusqu'auquel l'appareil s'enfonce.

Il ne faut pas oublier que ces appareils sont gradués à une température de 15° C, et qu'une observation faite à une température différente est entachée d'erreur, et nécessite une correction. Il faut également prendre soin que le chiffre indiqué, est celui qu'on lit immédiatement *au-dessous* du ménisque formé par le liquide autour de la tige du densimètre ; ce point est important (*fig. 56*).

Nous croyons bon de terminer ce chapitre,

en transcrivant le rapport de M. le professeur Marchis intitulé :

Unification du mode d'évaluation et de la définition de la puissance et du rendement des machines frigorifiques.

Ce rapport a été adopté par le Congrès de Tou-

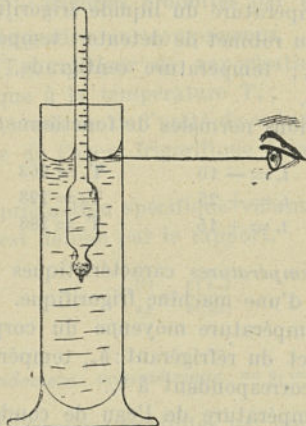


Fig. 56. — Lecture d'un densimètre.

louse en 1912, pour être présenté à l'adoption du Congrès International du Froid qui se tiendra à Chicago en 1913.

« I. *Températures caractéristiques du régime intérieur* d'une machine frigorifique.

« a) *Température de vaporisation de l'agent frigorifique correspondant à la pression mesurée au manomètre d'aspiration ; température*

« absolue, T_v ; température centigrade; t_v : $T_v = 273 + t_v$.

« b) Température de condensation de l'agent frigorifique correspondant à la pression mesurée au manomètre de refoulement; température absolue, T_c ; température centigrade, t_c : $T_c = 273 + t_c$.

« c) Température du liquide frigorifique à son arrivée au robinet de détente: température absolue, T_r ; température centigrade, t_r ; $T_r = 273 + t_r$.

« Conditions normales de fonctionnement :

$t_v = -10$	$T_r = 263$
$t_c = +25$	$T_c = 298$
$t_r = +15$	$T_r = 288$

« II. Températures caractéristiques du régime extérieur d'une machine frigorifique.

« a) Température moyenne du corps refroidi au contact du réfrigérant: θ_v , température centigrade correspondant à t_v .

« b) Température de l'eau de condensation à l'entrée du condenseur: θ_{ce} , température centigrade.

« c) Température de l'eau de condensation à la sortie du condenseur: θ_{cs} , température centigrade.

Conditions normales de fonctionnement :

$\theta_v = 5$	Refroidissement de saumure	$\theta_v - t_v = 5$
$\theta_v = 0$	Détente directe	$\theta_v - t_v = 10$
$\theta_{ce} = +12$,	$\theta_{cs} = +20$,	$\frac{\theta_{ce} + \theta_{cs}}{2} = 16$,
		$t_c - \frac{\theta_{ce} + \theta_{cs}}{2} = 9$.

III. « *Production spécifique volumétrique.*

« Soient V_c , le volume engendré par le piston dans une course ;

« Q_v , la quantité de chaleur absorbée réellement au réfrigérant par course d'aspiration, la « production spécifique volumétrique pratique est « définie par le rapport.

$P_{sv}^{(p)} = \frac{Q_v}{V_c}$ « frigories produites par unité de volume engendré au compresseur.

« $r(T_v)$, chaleur de vaporisation de l'agent frigorifique à la température T_v ;

« $s(T_v)$ volume de l'unité de volume de vapeur saturée de l'agent frigorifique à la température « T_v ;

« La production spécifique volumétrique théorique est définie par le rapport.

$$P_{sv}^{(t)} = \frac{r(T_v)}{s(T_v)}$$

« *Rendement volumétrique* = $\rho_v = \frac{P_{sv}^{(p)}}{P_{sv}^{(t)}}$ = rapport de frigories produites par unité de volume engendré au compresseur à celles indiquées par la théorie.

« IV. *Production spécifique économique.*

« Soit \mathcal{C}_i le travail indiqué à fournir au compresseur par coup de piston ;

« La production spécifique économique pratique est définie par le rapport $P_{se}^{(p)} = \frac{P_{sv}^{(p)}}{\mathcal{C}_i} = \text{fri-}$

« gories produites par cheval indiqué au com-
« presseur.

« Si la courbe de compression de la vapeur à
« l'intérieur du compresseur est de la forme

$$p \nu^k = \text{Constante.}$$

« Le travail indiqué à fournir au compresseur
« par coup de piston a pour expression :

$$\frac{\mathcal{G}'_i}{V_c} = \frac{K}{K-1} P_v \left[\left(\frac{P_s}{P_v} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right].$$

« P_v et P_s étant les pressions de la vapeur au
« début et à la fin de la compression, P_v est la pres-
« sion de la vapeur saturée à la température T_v .

« La production spécifique, économique, théo-
« rique, est définie par le rapport :

$$P_{se}^{(t)} = \frac{P_{es}^{(t)}}{\frac{\mathcal{G}'_i}{V_c}}$$

$$\text{« Rendement économique} = \rho_e = \frac{P_{se}^{(p)}}{P_{se}^{(t)}}.$$

« Au lieu de rapporter la production spécifique
« économique théorique à un cycle théorique
« voisin de celui qui est réellement parcouru
« par l'agent frigorifique évoluant dans la ma-
« chine, on peut la rapporter à un cycle de Car-
« not décrit entre les températures T_v et T_c . La
« production spécifique économique d'un cycle
« est :

$\frac{T_v}{E(T_e - T_c)}$: E, équivalent mécanique de la chaleur.

« Le rendement économique d'un tel cycle a
« pour expression :

$$\rho'_e = P_{se}^{(p)} \times \frac{E(T_e - T_v)}{T_e}$$

« Cette définition a été proposée par M. Leblanc.

« Le cycle de Carnot est plus différent du cycle
« réel de la machine que le cycle théorique adopté
« plus haut. Nous croyons plus convenable de nous
« en tenir à la définition précédente du rendement
économique.

« V. Le rendement volumétrique ρ_v , et le ren-
« dement économique ρ_e sont, pour un même agent
« frigorifique, des fonctions du mode de fonc-
« tionnement de la machine et des températures
« caractéristiques du régime intérieur T_v , T_c , T_r ;
« ou du régime extérieur θ_v , θ_{ce} , θ_{cs} . Les définitions
« de ces rendements doivent être rapportées à
« l'ensemble des températures du régime intérieur,
« s'il s'agit de comparer les marches de divers
« compresseurs au dehors de toute installation
« frigorifique, et à l'ensemble des températures
« du régime extérieur, si l'on veut juger de la va-
« leur de diverses installations : dans ce dernier
« cas il sera bon de spécifier les températures
« correspondantes du régime intérieur, afin de
« préciser les conditions de fonctionnement des
« appareils d'évaporation et de condensation »

CHAPITRE VI

Fabrication de la glace.

SOMMAIRE. — I. Appareils spéciaux à la fabrication de la glace. — II. Glace opaque, glace transparente. — III. Quantité de froid nécessaire à la production de la glace. — IV. Emmagasinement, livraison, broyage de la glace.

**I. APPAREILS SPÉCIAUX
A LA FABRICATION DE LA GLACE**

La fabrication de la glace, est une des premières applications des machines frigorifiques, que l'on appelle souvent encore « Machines à glace. »

Grâce à l'invention de ces machines, la glace, qui était autrefois un produit de luxe et une rareté dans les pays chauds, ou pendant l'été, est aujourd'hui commune sous toutes les latitudes, et en toute saison, et est devenue une matière de première nécessité, à tel point, que si l'on devait s'en passer, ce serait une véritable révolution dans les mœurs.

Ses applications, sont, en effet, extrêmement nombreuses.

L'une des principales, est son emploi pour la conservation d'un certain nombre de denrées ali-

mentaires : la viande, le poisson surtout, qui, comme nous le verrons plus loin, placé dans la glace sur le bateau même où il est pêché, n'en sort plus que sur le marché, pour être livré au consommateur. Si, par hasard, la glace venait à manquer, c'en serait fait de l'approvisionnement en poisson des grandes villes situées comme Paris, à l'intérieur des terres, où on ne pourrait plus s'en procurer que de petites quantités, pour un prix exorbitant.

De même, pendant l'été, la population des grandes villes, a pris l'habitude, des boissons rafraîchies à la glace, ou même complètement glacées ; c'est là un bien-être fort appréciable, et dont la privation semblerait vraiment pénible, s'il fallait y renoncer brusquement.

Il n'est pas jusqu'au chirurgien, qui grâce à l'emploi de la glace, peut pratiquer presque toujours avec un plein succès, des opérations, que, faute de cette précieuse denrée, il n'aurait même pas eu le temps matériel de tenter.

L'industrie de la glace, s'est donc développée d'une façon constante depuis qu'elle a été rendue possible, et les perfectionnements considérables qu'elle a subis, l'ont mise à même de livrer le produit de sa fabrication, à des conditions de bon marché, qui en rendent l'emploi fort peu onéreux, et, par suite, très avantageux.

La production de la glace, exige un matériel spécial, dont le principal organe est le bac congélateur, ou *générateur de glace*.

Les compresseurs et condenseurs n'ont rien de

particulier, et nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit à leur sujet ; ils peuvent appartenir à n'importe quel système.

Le générateur de glace, constitue le réfrigérant de la machine frigorifique, mais il est construit de façon spéciale, en vue de l'usage auquel il est destiné. Son ensemble comprend :

- 1° Le générateur de glace proprement dit ;
- 2° Les mouleaux à glace ;
- 3° Le remplisseur pour les mouleaux ;
- 4° Le dispositif de démoulage ;

Générateurs de glace. — Le générateur de glace, est un bac rempli d'une saumure incongelable, refroidie par la détente du fluide frigorigène, et dans laquelle plongent les mouleaux contenant l'eau à congeler.

Les différences qui caractérisent les bacs construits par les divers constructeurs, résident surtout dans la disposition des serpentins, où le fluide se détend.

La disposition la plus ordinaire, consiste à séparer le bac en deux parties, par un faux fond. Dans la partie supérieure, les mouleaux à glace plongent dans la saumure ; dans le deuxième compartiment, on dispose les serpentins, en les divisant en plusieurs groupes, de façon à ce qu'ils recouvrent tout le fond du bac (*fig.57*).

Une hélice, entretient une agitation constante, qui assure l'égalité de température dans toutes les parties du bac, et, par suite, la congélation régulière de l'eau remplissant les mouleaux. On ne saurait trop assurer, une bonne circulation du

bain incongelable, car elle est un facteur important, d'une bonne fabrication. Le manque de circulation conduit à fabriquer des pains inégalement congelés dans toute leur hauteur, la température de la masse du liquide incongelable étant mal répartie, et s'abaissant progressivement depuis la surface jusqu'au fond, au lieu d'être égale en tous ses points.

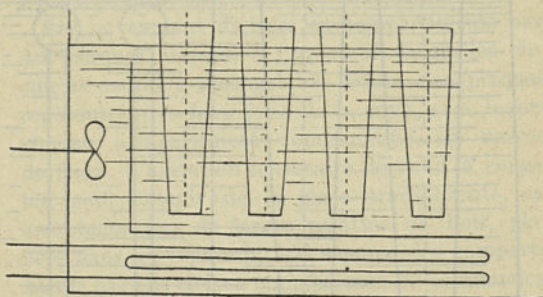


Fig. 57. — Générateur de glace.

La Société Pictet, dispose ses générateurs de glace d'une autre façon (*fig. 58*).

Ils sont divisés en deux parties par une cloison verticale ; d'un côté de la cloison, on dispose les mouleaux comme précédemment ; l'autre côté renferme un réfrigérant construit sur le modèle ordinaire de cette firme. Comme dans le dispositif étudié précédemment, on entretient une active circulation du bain incongelable, au moyen d'une hélice.

Les dispositions que nous venons de voir, sont

celles généralement adoptées par tous les constructeurs, pour la fabrication des pains de dimensions courantes, de 10 à 50 kilogrammes.

Lorsqu'on veut obtenir des blocs de glace de poids plus considérables, on est obligé d'adopter

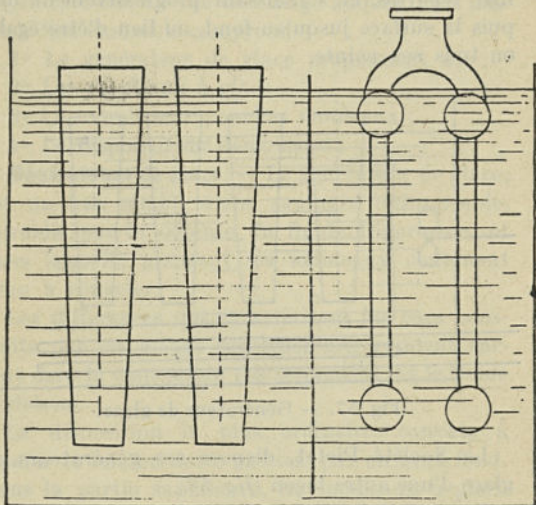


Fig. 58 — . Générateur de glace.

des dispositions spéciales, appropriées aux résultats que l'on veut obtenir.

En Amérique, notamment, où on fabrique souvent de la glace en plaques, on se sert de bacs séparés en un certain nombre de compartiments, par des séparations conductrices de froid, autour desquelles la glace vient se former. Ces séparations

peuvent être constituées simplement par les différentes parties des serpentins où se détend le fluide frigorigène.

Nous citerons la disposition adoptée à Paris, par la Société de la Glace Transparente, pour obtenir des blocs de glace de 300 kilogrammes d'après la description que M. Sandras, directeur de cette Société, en a donné au Congrès International du froid à Vienne, en 1910.

Les cuves sont divisées en compartiments par des plaques creuses, à l'intérieur desquelles circule la saumure incongelable froide. Ces plaques reposent sur le faux fond de la cuve, avec lequel chaque compartiment communique, au moyen de trous. L'agitation nécessaire de l'eau à congeler, pour obtenir de la glace transparente, est entretenue par de larges palettes de bois, placées dans un espace latéral séparée des compartiments par une cloison étanche, mais en communication avec le faux fond.

Mouleaux à glace. — Les mouleaux pour les pains de poids courants, sont des récipients parallépipédiques en tôle, faits à la soudure autogène, et plombés ou galvanisés, pour éviter leur usure rapide, par le bain salé. La forme parallépipédique, a pour but de faciliter le démoulage du pain, sur le basculeur (*fig. 59*)

Voici, d'après Lenhert, les dimensions usuelles des mouleaux à glace :

Pour blocs de	La longueur sera de	L'ouverture supérieure:
10 k.	800 m/m.	190 × 110 m/m ²
12 k.	1 100 m/m.	190 × 110 m/m ²
25 k.	1 100 m/m.	300 × 100 m/m ²

Les mouleaux sont enchâssés dans des châssis en fer plat, qui par leurs extrémités, reposent lorsqu'ils sont dans le bac, sur des fer à U, boulonnés sur les parois du bac. Ces châssis sont munis à chaque bout, d'un crochet, qui sert à les accrocher au palonnier du pont roulant, pour les tirer hors du bac, pour le démoulage. Lorsque les bacs sont très larges, on les divise en deux compartiments par une cloison verticale, et on place un châssis dans chaque compartiment. On peut tirer les deux châssis ensemble, avec un seul palonnier.

Mouleau

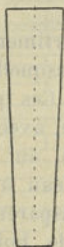


Fig. 59.

Pour les petites installations, on munit les mouleaux de deux poignées, à leur partie supérieure, et on les place, sans châssis, les uns à côté des autres dans le générateur. On les enlève à la main, au moyen de ces poignées.

Remplisseur (*fig. 60*). — Quand on a vidé la glace formée dans les mouleaux, on les remplit à nouveau, pour les replacer dans le bain.

Le modèle de remplisseur le plus communément employé, est un bac divisé en autant de compartiments qu'il y a de mouleaux par rangée, chaque compartiment contenant la quantité d'eau nécessaire pour emplir un mouleau. Au fond de chacun de ces augets, un trou communique avec un tuyau de caoutchouc, et un tuyau de fer

recourbé. Ces tuyaux de fer sont mobiles autour d'un axe que l'on manœuvre au moyen d'un levier, pour les abaisser au moment du remplissage, et les relever quand il est terminé ; un contrepoids placé à une extrémité les empêche de retomber par leur propre poids, quand ils sont re-

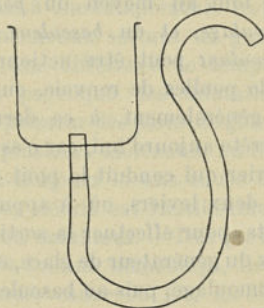


Fig. 60. — Remplisseur de mouleaux

levés. Enfin, un robinet automatique ferme l'arrivée d'eau, quand tous les augets sont pleins, de façon à ce que le remplisseur ne déborde jamais ; pour plus de sécurité, du reste, on le munit d'un trop plein, pour que s'il venait à déborder, l'eau ne tombât pas dans le générateur à glace, où elle abaisserait la densité du bain incongelable.

On peut également remplir les mouleaux au moyen d'une lance, que l'on plonge successivement, dans chaque mouleau. Cette lance porte à son extrémité, un clapet, qui ne laisse passer l'eau, que quand il appuie sur le fond du mouleau. Ce système est particulièrement bon, quand on doit

faire de la glace transparente, parce que, comme nous le verrons plus loin, il est nécessaire, dans ce cas, de remplir les mouleaux par le bas.

Dispositif de démoulage. — Dans les installations de quelque importance, la sortie des rangées de mouleaux hors du générateur à glace, et le démoulage, se font au moyen du *pont-roulant*, du *bac de démoulage*, et du *basculeur*.

Le *pont-roulant* peut être actionné par câble, au moyen de poulies de renvoie, ou par l'électricité. C'est généralement, à ce dernier système, que l'on s'arrête aujourd'hui, car c'est le plus commode, l'ouvrier qui conduit le pont, n'ayant qu'à manœuvrer deux leviers, où à appuyer sur quelques contacts, pour effectuer la sortie des rangées de mouleaux du générateur de glace, et les conduire au bac de démoulage, puis au basculeur. L'apprentissage se fait en quelques heures, pour un ouvrier intelligent.

Le *pont-roulant*, se déplace sur toute la longueur du bac, en roulant sur deux fers à I, supportés par des colonnes de fer ou de fonte.

A leur sortie du générateur de glace, les rangées de mouleaux sont amenées jusqu'au *bac de démoulage*.

Le *Bac de démoulage*, est un bac en tôle, placé entre le générateur de glace et le basculeur, et rempli d'eau tiède (25° à 30° centigrades). La température de cette eau, est entretenue par un serpentín, ou un barbotteur de vapeur, placé au fond. Lorsque les mouleaux sont plongés dans ce bac, sur toute leur surface, la glace en contact avec

les parois, fond, de sorte que, le pain se décolle, et surnage sur l'eau de fusion; dès que ce résultat est atteint, ce qu'on reconnaît à la montée des pains dans les mouleaux, on les sort du bac démouleur, et on les met sur le basculeur, ou culbuteur.

Il faut veiller à ce que l'eau du bac de démoulage ne soit pas à une température trop élevée, autrement les mouleaux sortant du générateur à -5° , subissent une différence de température trop brusque, qui provoque des dilatations inégales dans toute l'épaisseur des pains de glace, et les font se briser en plusieurs morceaux, au lieu de rester entiers. C'est toujours là une cause de perte, car une partie des débris est inutilisable.

Basculeur ou culbuteur. — Dès que les mouleaux sont sortis du bac de démoulage, ils sont placés sur le *culbuteur*, cadre en fer, mobile sur deux tourillons, et maintenu en équilibre par un contrepoids. A vide, la position du culbuteur est très voisine de la verticale, avec une légère inclinaison du côté de la table de démoulage. Dès qu'on a posé les mouleaux dessus, on laisse le palonnier descendre, et le culbuteur, tournant sur les deux tourillons, les pains glissent hors des mouleaux, et viennent se placer sur la table de démoulage, d'où on n'a plus qu'à les prendre à la main, pour les mettre en réserve, ou les charger dans les voitures de livraisons.

Il faut avoir grand soin, qu'il ne reste aucun pain dans les mouleaux, et s'il s'en trouve qui ne glissent pas seuls, il faut les retirer en les attirant avec un crochet de fer. Si on ne prend pas cette

précaution, lorsqu'on conduit les mouleaux au remplissage, la glace qui a pu rester dedans, s'oppose à la dilatation de l'eau qu'on a mise, au moment de sa congélation, et, la pression de cette eau se congelant entre le pain de glace resté, et les parois du mouleau, déforme ces derniers, et fait sauter les joints, de telle sorte que le mouleau se trouve crevé, et inutilisable par la suite. C'est un point sur lequel on doit être très sévère, vis-à-vis du personnel chargé du démoulage.

Une fois le démoulage terminé, les mouleaux sont relevés, et ramenés au bac remplisseur, où on les remplit à nouveau. Quand ils sont pleins, on les descend dans le générateur de glace, et on les décroche du palonnier du pont-roulant. On ramène alors le pont-roulant au point où l'on doit sortir la rangée suivante.

Quand on n'a pas d'agitateurs à l'intérieur des mouleaux, le générateur porte, comme appareils accessoires, un système de poussoirs, dont le rôle est, une fois qu'on a descendu une rangée après son remplissage, de pousser toutes les rangées de mouleaux, qui glissent sur les deux fers à U, sur lesquels reposent les châssis par leurs extrémités, de façon à les faire avancer de la largeur d'un mouleau, pour que l'on puisse sortir toujours du même endroit, les rangées à démouler. On a ainsi un travail continu, et le bac n'est ouvert qu'à ses deux extrémités.

En dehors des différences résultant des poids des mouleaux fabriqués, on distingue des glaces de deux qualités différentes :

II. GLACE OPAQUE, GLACE TRANSPARENTE

Glace opaque. — On fabrique la glace opaque, en introduisant dans les mouleaux de l'eau que l'on n'a pas pris soin de priver préalablement des gaz qu'elle tient en dissolution. Ce sont ces gaz, en effet, qui, emprisonnés dans la glace, pendant la congélation, lui donnent son opacité, et sa couleur blanche caractéristique.

Glace transparente. — Comme on a pu le comprendre, par ce que nous venons de dire, la glace transparente, s'obtient par la congélation d'eau ne tenant plus de gaz en dissolution. On arrive à ce résultat par plusieurs procédés.

1° Par congélation lente.

2° Par agitation de l'eau contenue dans les mouleaux, pendant sa congélation.

3° Par l'emploi d'eau distillée.

Congélation lente — Si on examine ce qui se passe dans les mouleaux, pendant leur congélation, on voit, pendant tout le temps qu'elle dure, des bulles de gaz monter à la surface, et cette dernière présente le même aspect que celle d'un vase dans lequel on fait bouillir de l'eau. Si la congélation a lieu rapidement, elle est terminée avant que tous les gaz aient eu le temps de sortir, et ils restent occlus dans l'intérieur des blocs de glace. Si, au contraire, la congélation se fait lentement, ces gaz ont le temps de sortir, avant d'être em-

prisonnés, et le bloc de glace obtenu est absolument transparent.

Pour appliquer ce système, il faut prévoir un générateur de glace, beaucoup plus grand, que ceux établis par les calculs ordinaires. Il faut, en effet, que la glace soit entièrement fabriquée entre -2° et -3° , au lieu de -5° ; le temps de congélation est donc considérablement accru.

M. Sandras, qui préconise ce système d'une façon toute particulière, s'exprimait ainsi dans sa communication au Congrès de Vienne en 1910.

« En ayant soin de prendre des mouleaux d'une
« hauteur assez grande pour qu'une partie (1/10
« du volume environ) ne plonge pas dans le liquide
« froid, toutes les impuretés se réfugient à la par-
« tie supérieure non congelée et sont évacuées au
« moment du basculage des mouleaux ; enfin, la
« congélation se faisant lentement, mais sur une
« grande surface, le froid se trouvera beaucoup
« mieux utilisé, et, un appareil d'une fabrication
« normale de 30 tonnes par 24 heures, en don-
« nera facilement davantage.

« Le résultat de notre observation pratique,
« nous permet d'affirmer, qu'un compresseur fa-
« briquant 30 tonnes de glace par 24 heures, en
« mouleaux d'une épaisseur moyenne de $0^{\text{m}},20 \times$
« $0^{\text{m}},15$, et du poids de 40 kilogrammes, produira
« facilement 35 à 36 tonnes de glace transparente,
« en marchant sur un bac de 80 tonnes, soit de
« deux mille mouleaux de 40 kilogrammes.

« Ces chiffres peuvent servir à déterminer les

« dimensions nécessaires, pour une production, en « blocs d'autres poids et épaisseurs ».

Agitation de l'eau contenue dans les mouleaux, pendant sa congélation. — Nous avons déjà vu une application de ce procédé, à la fabrication des blocs de glace transparente, de 300 kilogrammes.

Quand il s'agit de fabriquer des mouleaux plus petits, ce qui est le cas le plus ordinaire, on place dans ces mouleaux des agitateurs, qui facilitent l'évacuation des gaz, pendant la congélation. Il faut avoir soin de les enlever avant qu'ils n'aient été emprisonnés dans la glace fabriquée. Il résulte de cette obligation, que l'agitation cesse, avant la fin de la congélation, et on obtient ainsi, des pains dont la périphérie est bien transparente, mais dont le milieu est constitué par un noyau central opaque ; ceci n'a généralement pas d'importance, et on se contente de ce résultat. Si on voulait obtenir un pain absolument transparent dans toute son épaisseur, il faudrait aspirer par succion, le noyau central, et le remplacer par de l'eau privée de gaz ; c'est une méthode employée par certains fabricants.

On a cherché de nombreux systèmes d'agitation, autres que celui que nous venons de décrire, et supprimant l'introduction des agitateurs dans les mouleaux eux-mêmes, et ainsi la possibilité de les laisser prendre dans la glace.

Parmi ces systèmes, nous citerons celui de M. Yberty.

Cet inventeur a fait breveter un procédé, dans lequel les mouleaux sont enchassés dans des cadres

auxquels on imprime des secousses plus ou moins fréquentes, pendant toute la durée de la congélation, au moyen de comes sur lesquelles, reposent les extrémités des châssis. L'auteur prétend obtenir de la sorte de la glace parfaitement transparente.

Malgré tout, le système des agitateurs, est encore le plus employé, actuellement.

Emploi d'eau distillée. — L'eau distillée, est obtenue par ébullition de l'eau ordinaire, puis condensation de la vapeur formée ; elle est donc, par le fait même privée des gaz qu'elle renfermait, et, dès lors, si on la fait congeler, on obtient de la glace entièrement transparente. On n'a même pas, avec ce procédé, de noyau central opaque, la glace est transparente dans toute son épaisseur.

L'inconvénient de ce procédé, réside dans l'obligation même de la distillation de l'eau, qui constitue une fabrication annexe, et impose une dépense supplémentaire, augmentant le prix de revient de la glace. C'est ce qui explique, qu'on a cherché à abaisser autant que possible, le prix de la distillation.

Une solution très simple, se présente de prime abord, elle consiste à employer comme eau distillée, la vapeur d'échappement condensée, d'un moteur à vapeur. L'inconvénient de cette façon de procéder, est que l'eau ainsi recueillie, si elle peut être considérée comme distillée, au point de vue de sa teneur en sels minéraux et en gaz, entraîne toujours avec elle, une certaine quantité d'huile ayant servi au graissage de la machine à

vapeur, dont il faut se débarrasser par filtration, ce qui complique l'installation.

D'autre part, cette source d'eau distillée est insuffisante, pour une production de glace correspondant à la puissance de la machine, et l'on se trouve obligé de prendre une partie de la vapeur à condenser, directement à la chaudière. C'est là une méthode procurant une eau, dont le prix de revient est élevé.

On a donc avantage, à employer un appareil à distiller spécial, construit en vue de l'application que l'on désire en faire, et fournissant l'eau distillée, au prix de revient minimum.

Parmi les divers appareils qui se disputent la faveur des fabricants de glace, nous citerons tout spécialement, ceux établis par la « Société d'Exploitation de procédés Evaporatoires Prache et Bouillon (*fig. 61*). »

Ces appareils, ont pour principal organe, un éjecteur de vapeur, que les inventeurs désignent plus spécialement sous le nom de Thermo-Compresseur, et qui permet une récupération, non seulement des calories contenues dans la vapeur mais encore, de la force vive de cette vapeur, qui dans la plupart des appareils de chauffage à vapeur, est perdue.

Considérons, par exemple, de la vapeur à 8 kilogrammes de pression, sa température est de 169°,5. Si nous l'employons à réchauffer un liquide, soit en l'y injectant directement soit par un serpentin, nous pourrions bien récupérer les calories qu'elle contient, mais comme nous ne lui aurons fait pro-

duire aucun travail, ou que nous aurons dû la faire passer par un détendeur, nous aurons complètement perdu sa force vive. Avec le Thermo-Com-

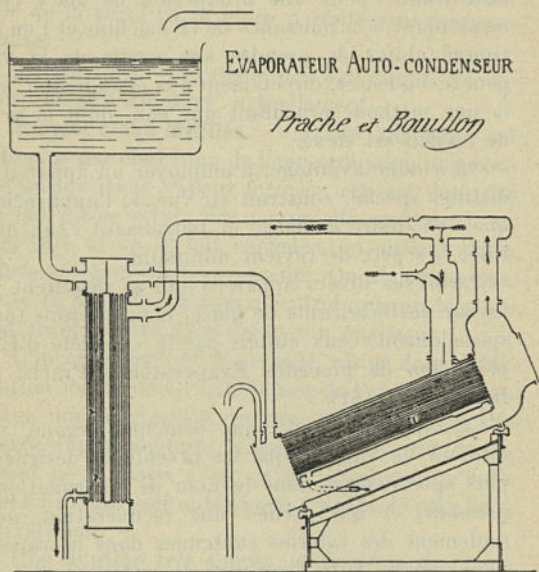


Fig. 61.

presseur, il n'en sera plus de même; la force vive de la vapeur, y est utilisée pour aspirer une partie de la vapeur de l'eau que l'on distille, qui se trouve alors employée à chauffer cette même eau, et à l'amener à sa température d'ébullition. On réalise de cette façon une économie de vapeur vive, dont

on aura une idée, en sachant que les appareils de ce système, produisent 1000 kilogrammes d'eau distillée, pour 200 kilogrammes de vapeur vive à 10 kilogrammes, d'après les constructeurs.

La vapeur d'eau produite, est condensée dans un réchauffeur, par l'eau arrivant à l'appareil pour être distillée, de sorte que celle-ci entre dans la chaudière où elle doit être portée à l'ébullition, à une température de 96°, ayant donc récupéré une très grande partie de la chaleur fournie à celle distillée immédiatement avant elle. L'eau distillée, en sortant du réchauffeur, passe dans un échangeur de température où elle se refroidit jusqu'à 20° environ ; quant à celle qui a servi ainsi à la refroidir, elle peut être utilisée pour différents services de l'usine, alimentation des chaudières, bac de dé-moulage, etc...

Ce que nous venons de dire, indique suffisamment, que ces appareils sont étudiés d'une façon très rationnelle, pour arriver à produire l'eau distillée, au plus bas prix possible.

Lorsque l'on a ainsi obtenu de l'eau distillée, il faut s'arranger de façon à empêcher qu'elle n'ait aucun contact avec l'air. En agissant autrement, on arriverait fatalement à provoquer une nouvelle dissolution de gaz dans l'eau, et on n'obtiendrait plus de glace transparente. Il y a là tout un ensemble de dispositions à prendre, pour éviter cet accident, qui varie avec chaque usine suivant la façon dont l'installation en est comprise.

L'eau distillée, est toujours recueillie dans un

bac, servant de réservoir, (*fig.62*), où elle peut être appelée à séjourner plus ou moins longtemps. Si on ne prenait aucune précaution, par la surface en contact avec l'air, on aurait une dissolution de gaz certaine. Pour empêcher ce contact, on emploie différents artifices.

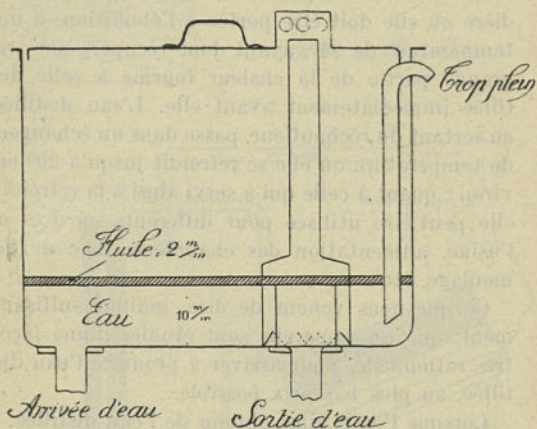


Fig. 62. — Réservoir à eau distillée.

Une couche d'huile à la surface de l'eau, empêche le contact direct de cette dernière avec l'air. La *fig. 62*, représente un bac, où l'eau distillée, est surmontée d'une couche d'huile de 2 millimètres ; un dispositif spécial assure une garde d'eau qui empêche le bac de se vider complètement, en même temps qu'au cas où le trop plein vient à fonctionner, l'huile n'est pas rejetée au dehors.

On reproche aux systèmes de ce genre, d'amener parfois, malgré toutes les précautions prises, un entraînement d'huile dans les mouleaux.

On peut employer un autre système, qui consiste à placer sur l'eau, un flotteur en bois, qui empêche également tout contact avec l'air, comme l'indique la fig. 63. Ce dispositif, donne de très bons résultats.

Les bacs réservoirs doivent également être galvanisés, autrement, la rouille qui se forme sur leurs bords, donne à la glace fabriquée, une teinte rouge sale.

Au moment du remplissage des mouleaux, on a également un contact forcé de l'eau avec l'air ; on a donc cherché le moyen d'éviter tout ennui de ce chef.

Le principe de tous les systèmes employés, consiste à faire arriver l'eau par le bas des mouleaux. De cette façon, elle n'a de contact avec l'air, que par sa partie supérieure, qui refoule celui qui est contenu dans le mouleau vide ; on évite ainsi le barbotage, et la grande surface de contact que l'on aurait, en la laissant tomber du haut du mouleau.

Différents dispositifs réalisent ces conditions, et donnent satisfaction.

Quand on veut se servir d'un bac de remplissage comme celui que nous avons décrit, on peut placer à l'extrémité des tubes recourbés, des tuyaux de caoutchouc, qui plongent jusqu'au fond des mouleaux. On taille leur extrémité infé-

rieure en biseau, de façon à n'avoir pas de bouillonnement, pendant le remplissage.

Si, au lieu d'un bac de remplissage à compartiments, on a simplement un bac réservoir, on peut placer à l'extrémité de la canalisation amenant

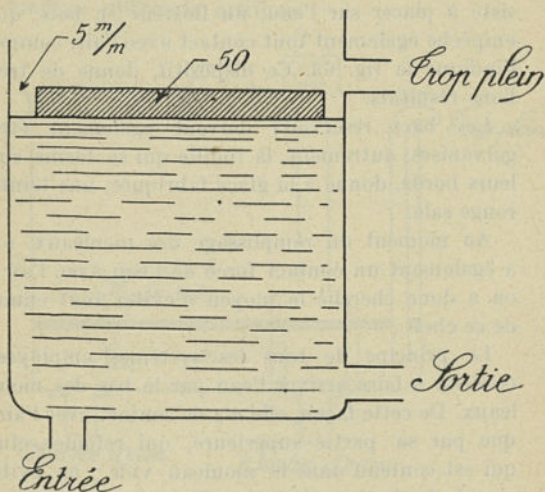


Fig. 63. — Réservoir à eau distillée.

l'eau jusqu'au générateur de glace, un robinet avec raccord, à partir duquel la canalisation se termine par un tuyau de caoutchouc, portant au bout une lance de remplissage, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

Malgré toutes ces précautions, il y a toujours une petite quantité de gaz qui se dissout pendant le remplissage ; ce sont eux qui donnent à la glace

ainsi fabriquée, son aspect particulier, caractérisé par de longues bulles gazeuses, réparties dans toute la masse des pains. Cet aspect n'a, du reste, rien de désagréable, et cette glace, cassée en morceaux, est très jolie, et convient particulièrement pour le service des cafés et restaurants.

Différences entre la glace opaque et la glace transparente, leurs valeurs au point de vue hygiénique. — Les différences entre la glace opaque et la glace transparente, ont souvent amené bien des discussions entre les fabricants de glace, et leurs clients. Ces derniers, souvent mal renseignés, reprochent à l'une ou à l'autre, des défauts variant suivant les cas, et parfois contradictoires.

D'après ce que nous avons vu, on comprend facilement que la densité de la glace opaque, doit être plus faible que celle de la glace transparente puisque la première contient une certaine proportion de gaz, ce qui fait que pour un volume égal, elle donnera un poids d'eau de fusion plus faible que la glace transparente. On admet que leurs densités sont dans le même rapport que 13 est à 15 (Lenhert).

Une autre qualité physique sur laquelle on a bien souvent discuté est celle de la rapidité de fusion : la glace opaque fond plus vite que la glace transparente. Mais, est-ce là un défaut ? Cela dépend des cas, car du fait qu'elle fond plus vite la glace opaque, à poids égal, fournit plus de frigories, dans un temps donné, que la glace transparente, et ceci peut être intéressant. Quand, par exemple, il s'agira d'employer de la glace pour

refroidir une glacière, il arrivera que par l'emploi de la glace opaque, on pourra atteindre une température plus basse, qu'avec la glace transparente ; ce point peut être important.

Enfin, au point de vue hygiénique, quelle est la glace à laquelle on doit donner la préférence ?

Que de sottises ont été dites à ce sujet ! N'avons-nous pas entendu déclarer par un médecin, que dans n'importe quelle glace, les microbes étaient tous détruits !

On préfère généralement la glace transparente, ce qui s'explique déjà par son aspect plus agréable, surtout lorsqu'elle doit servir à refroidir les boissons par mélange direct. Il y a d'autres raisons, qui militent également en sa faveur.

S'il s'agit de glace fabriquée à l'eau distillée, par le fait même de la distillation par ébullition, elle est pratiquement stérile, mais son passage dans les bacs-réservoirs et les conduites, l'expose à de nouvelles pollutions. On a cru remédier à cela, particulièrement en Allemagne, en stérilisant l'eau distillée, en la chauffant sous pression à 120°. Nous croyons que c'est une erreur de considérer ce procédé comme efficace, parce que le seul fait du remplissage des mouleaux expose l'eau au contact de l'air, et, de plus, que ces mouleaux eux-mêmes ne sont pas stériles, et contiennent des germes qui contaminent l'eau.

Nous ne pensons donc pas, qu'on puisse véritablement parler d'obtenir de la glace stérile industriellement, et, en obtiendrait-on réellement, qu'elle ne le serait certainement plus en arrivant

au client, après les nombreuses manipulations dont elle aurait été l'objet.

La glace faite à l'eau distillée, est débarrassée des germes pathogènes que l'on rencontre le plus fréquemment dans les eaux servant à l'alimentation des villes, et ceux qu'elle renferme à la suite des manipulations qu'elle a subies, sont des germes communs et inoffensifs ; elle est donc, au point de vue hygiénique, plus pure que les eaux distribuées dans les immeubles pour la consommation.

On peut obtenir de la glace débarrassée de la majorité des germes que contient l'eau ayant servi à la fabriquer, sans distiller ni stériliser cette dernière.

M. Bordas, qui a étudié tout spécialement cette question, a établi, que pendant la congélation, toutes les impuretés de l'eau, chimiques et bactériologiques, sont concentrées au centre du pain de glace. Ainsi, en faisant de la glace transparente au moyen d'agitateurs, toute la partie transparente, est constituée par de la glace ne tenant plus de sels minéraux ni de matières organiques en dissolution, et débarrassée de la plus grande partie des germes contenus dans l'eau ; les uns et les autres se retrouvent dans le noyau central opaque. En partant de cette observation, on comprend qu'il suffira de supprimer le noyau central, pour obtenir une glace répondant à d'excellentes conditions hygiéniques. On atteint ce but, en aspirant par succion l'eau restant dans les mouleaux après la sortie des agitateurs, et en la remplaçant par de l'eau distillée ou stérilisée.

Tout ce que nous venons d'exposer, suffira, pensons-nous, à faire comprendre l'erreur qu'il y aurait, à vouloir, comme on l'a proposé, exiger que la glace, devant servir à la consommation, soit fabriquée uniquement à l'eau stérilisée, cette condition ne prouvant nullement, que la glace arrivera exempte de germes, au consommateur. Il suffit, comme on le fait dans la plupart des villes, d'exiger qu'elle soit fabriquée avec une eau reconnue bonne pour la consommation, comme celles distribuées pour cet usage. Vouloir faire plus, ne peut être que l'œuvre ou d'hygiénistes d'occasion, ou d'administrateurs cherchant à se tailler une réclame, basée sur l'ignorance du public, en matière d'hygiène.

III. QUANTITÉ DE FROID NÉCESSAIRE A LA PRODUCTION DE LA GLACE

La quantité de froid nécessaire pour produire de la glace, se détermine facilement. Il faut, en effet, fournir les frigories nécessaires, pour :

1° Refroidir l'eau servant à la fabrication de T° à 0° .

2° Absorber la chaleur de changement d'état de l'eau se transformant en glace ;

3° Abaisser la température de la glace de 0° à $-t^{\circ}$;

4° Combattre les pertes dues à la fabrication elle-même (refroidissement des mouleaux ; rayonnement, etc.).

Refroidissement de l'eau servant à la fabrica-

tion. — Il faudra fournir 1 frigorie par kilogramme et par degré de température au-dessus de de 0°, puisque la chaleur spécifique de l'eau, est égale à l'unité.

Ainsi, pour un bloc de 25 kilogrammes, si l'eau arrive dans les mouleaux à 15°, on devra pour la refroidir à 0°, fournir :

$$25 \times 15 = 375 \text{ frigories.}$$

Absorption de la chaleur de changement d'état. — On compte 80 frigories par kilogramme ; pour un bloc de 25 kilogrammes, on a donc :

$$80 \times 25 = 2\,000 \text{ frigories.}$$

Abaissement de la température de la glace, de 0° à t°. — La chaleur spécifique de la glace, étant 0,5, en appliquant cette donnée, à notre exemple précédent, s'il faut abaisser la température de la glace de 0° à - 5°, on devra fournir :

$$25 \times 0,5 \times 5 = 62 \text{ frig. 5.}$$

Pertes de froid dues à la fabrication elle-même. — Ces pertes sont d'abord celles dues au rayonnement du générateur de glace, qui se trouvent accrues de ce qu'elles seraient, pour un réfrigérant de même dimension, par le fait de l'ouverture du couvercle, pour la sortie et la rentrée des mouleaux. On peut facilement évaluer les pertes de ce chef, à 50/0 de la production totale de froid.

On ne doit pas non plus négliger de calculer la quantité de froid à fournir, pour le refroidissement des mouleaux, et des châssis. Un mou-

leau en tôle galvanisée, pesant 15 kilogrammes, absorbera pour se refroidir de + 20° — à 5° :

$$15 \times 25 \times 0,12 = 45 \text{ frigories.}$$

si l'on admet sa chaleur spécifique égale à 0,12.

On a encore à tenir compte de la perte au dé-moulage ; celle-ci varie suivant les installations, et la grosseur des pains fabriqués, de 3 à 7 0/0 (Lorenz).

Ces différentes pertes, sont, comme nous le voyons, difficiles à évaluer d'une façon tout à fait précise, aussi, les divers auteurs admettent que pour les petites installations, où leur influence est plus considérable, il faut compter 130 frigories pour produire un kilogramme de glace, et 120 frigories seulement, dans les grandes installations.

La durée de la congélation, varie également suivant l'épaisseur des pains que l'on fabrique. Pour des pains de 12 kilogrammes, elle est de 10 heures environ ; à — 5°, et du double, pour des pains de 25 kilogrammes à la même température.

Les plaques de glace fabriquées comme nous l'avons vu, demandent plusieurs jours de congélation.

Prix de revient. — Quelle quantité de glace peut-on fabriquer par tonne de charbon ?

Bien des chiffres ont été donnés par de nombreux auteurs, et tous différent par suite des conditions particulières à chaque installation, qui ne permettent pas de donner des chiffres concordants.

M. Desvignes, qui est certainement une des personnalités les mieux qualifiées, à l'heure actuelle en

France, pour faire autorité sur ce sujet, estime qu'en comptant fournir 125 frigories par kilogramme de glace, on arrive à produire, avec une machine bien construite et bien conduite, 17^k.2 de glace, par cheval effectif, ou 23^k de glace par kilogramme de charbon. Si on déduit la force absorbée par les appareils accessoires (pont-roulant, poussoirs, etc.) on arrive à un rendement de 21 kilogrammes de glace par kilogramme de charbon. Il est évident que le rendement des machines à grande production, est toujours supérieur à celui des petites machines.

En dehors de cela, il est absolument impossible de donner un prix de revient de la glace, pouvant s'appliquer à toutes les usines. Celles-ci sont placées dans des conditions qui diffèrent totalement, suivant les villes où elles sont établies ; la main-d'œuvre, la livraison, le charbon et l'eau varient de prix et de valeur pour chacune d'elles, et influent de façon différente, sur le prix de revient de la glace (1).

Prix de vente. — Les prix de vente aux dépositaires, livrant la glace au détail, varient de 2 fr.25 à 3 francs les 100 kilogs. Au détail, elle est vendue de 3 francs à 5 francs les 100 kilogs. On compte en général 10 0/0 de fusion depuis la sortie de l'usine, jusqu'à l'arrivée chez le client de détail. Il est évident que les prix que nous citons, sont établis sans tenir compte des droits d'octroi existants.

(1). On admet en pratique une production de 5 à 10 tonnes de glace par tonne de charbon de la consommation totale de l'usine.

tant encore dans certaines villes ; dans ce cas, le prix de vente de la glace est majoré du droit dont elle est frappée.

IV. EMMAGASINEMENT. — LIVRAISON BROYAGE DE LA GLACE

Emmagasinement.

En dehors des appareils producteurs de glace, tels que nous les avons étudiés, il faut prévoir, dans chaque usine, un certain nombre de chambres dans lesquelles on emmagasine la quantité de glace fabriquée l'hiver, en plus de la vente journalière.

La nécessité d'avoir ainsi des réserves est évidente, car on doit toujours prévoir un arrêt volontaire ou forcé des machines, soit pour les visiter ou réparer, soit par suite d'accident ; d'un autre côté, on doit également s'attendre à ce que, pendant la période des chaleurs, les sorties de glace dépassent la quantité fabriquée, et, si on ne veut pas s'exposer à refuser des commandes, les réserves sont encore nécessaires. Le fabricant de glace qui compterait uniquement sur sa fabrication, pour assurer le service de sa clientèle, s'exposerait fatalement, à ne pouvoir à un moment donné la satisfaire, et à faire ainsi le jeu de ses concurrents, ou à s'en susciter, s'il n'en avait pas encore.

Les chambres de réserve, sont construites suivant la technique frigorifique, c'est-à-dire, isolées

de façon à ne pas avoir de déperdition de froid. On les maintient à $- 2^{\circ}$, au moyen d'une circulation de liquide incongelable, dans des batteries de tuyaux. L'isolation est recouverte d'un enduit de ciment grillagé, il faut, pour ces constructions, prévoir un isolant capable de résister à la déformation, comme nous l'avons expliqué au chapitre des constructions frigorifiques, car si l'isolant cédait sous le poids de la glace, on aurait des fissures qui se produiraient dans l'enduit de ciment.

Suivant la façon dont est disposée l'usine, on pourra construire des réserves de hauteur plus ou moins grande.

Si elles sont établies en sous-sol, on peut les construire avec une hauteur utile de 5 mètres, mais, dans ce cas, il faut prévoir deux portes, permettant l'accès à deux hauteurs différentes. On remplit la réserve en commençant par le bas, et lorsqu'on est arrivé à moitié de la hauteur, on continue le remplissage par l'étage supérieur. Pour vider la glacière, on commence par l'étage supérieur, pour terminer par l'étage inférieur. On charge la glace dans des chariots ou des wagonnets, que l'on monte au rez-de-chaussée, où on les décharge dans les voitures de livraison. La montée des chariots pleins, et la descente des vides, se font au moyen d'un monte-charges.

On peut aussi placer la cage des monte-charges dans la glacière elle-même, et charger la glace directement dessus. Ce système n'est pratique qu'avec une seule glacière, le premier étant le seul à employer, lorsqu'on a plusieurs caves de

réserve, qui sont ainsi desservies toutes par un seul monte-charges.

Lorsque les glacières ne sont pas établies en sous-sol, mais sur le sol même, au niveau du rez-de-chaussée, il vaut mieux ne leur donner que 2 mètres de hauteur utile et augmenter leur surface ; on supprime ainsi le monte-charges, car jusqu'à cette hauteur, les pains peuvent être placés et repris directement sur les chariots à bras d'hommes.

Dans les glacières, on doit empiler les pains les uns sur les autres, en ayant soin de séparer les rangées par des tasseaux de bois, de façon à éviter que ceux venant du bac de démoulage, et, par conséquent, présentant une surface en fusion, ne se collent avec ceux sur lesquels on les place (*fig. 64*).

Livraison de la glace.

La livraison de la glace chez les clients de détail, se fait par voitures. Ces dernières doivent être construites de façon à éviter la fusion de la glace, autant que possible pendant la livraison.

Les différentes usines de Paris, emploient des voitures fermées, construites entièrement en bois, le toit couvert en carton bitumé. Ces voitures s'ouvrent par derrière, par une double porte, et ont également une porte sur le toit, de façon à permettre de les remplir complètement. En arrière, on laisse une plate-forme, qui sert au livreur pour placer les pains qu'il doit casser ou couper, suivant la demande du client.

De petits baquets dits « bachots », se portant sur le dos comme une hotte, permettent au livreur, de livrer 50 à 60 kilogrammes de glace, sans être obligé de s'y prendre en plusieurs fois. Le livreur a encore comme outils, un pic en fer lui servant à casser les pains de glace, et à les décoller, quand par suite d'un commencement de fusion ils se

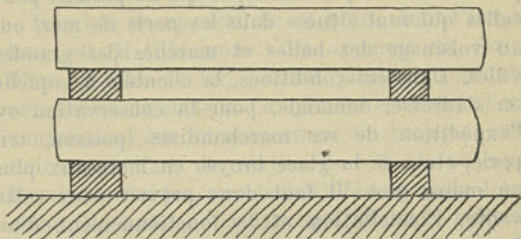


Fig. 64. — Emmagasinement des pains de glace.

sont collés les uns aux autres, et un crochet de fer, pour attirer à lui ceux placés au fond de sa voiture.

Dans un certain nombre de villes de province, au lieu de casser les morceaux de glace, on les scie, ce système est plus propre et occasionne moins de perte que le pic ; cependant, il est peu pratique pour des pains de plus de 25 kilogrammes.

En province, certaines usines, font leurs livraisons par camions automobiles. Ce système est excellent, à condition d'être employé pour les grandes charges et les longues distances, comme par exemple, pour la livraison de 2000 kilogrammes de glace à un dépositaire distant de plusieurs kilo-

mètres, quand il s'agit de la livraison au détail, en ville, il est moins économique et moins commode, que la voiture à traction animale.

Broyage de la glace.

Dans certains cas, les usines de glace sont appelées à fournir leur production autrement qu'en pains. C'est en particulier, ce qui se produit pour celles qui sont situées dans les ports de mer, ou, au voisinage des halles et marchés des grandes villes. Dans ces conditions, la clientèle, à laquelle on s'adresse, demande, pour la conservation ou l'expédition de ses marchandises (poisson, triperie, etc.), de la glace broyée en morceaux plus ou moins gros. Il faut donc prévoir pour cette vente, l'installation et le fonctionnement d'un broyeur à glace.

Le broyeur est un appareil se composant d'un tambour en fer, sur lequel sont fixées des dents en acier, placé dans une sorte d'entonnoir en fonte. On introduit le pain à broyer, par le haut de l'appareil, il se trouve pris entre la paroi et le cylindre animé d'un mouvement de rotation, de sorte que les dents viennent le frapper et le casser ; une mâchoire placée sur la paroi, en face du cylindre, permet d'obtenir des morceaux de la grosseur que l'on désire.

En disposant un crible à la sortie du broyeur, on obtient de la glace de différentes grosseurs, les plus gros morceaux roulant sur le crible, et les plus petits passant au travers de celui-ci. Les premiers formant le « grésillon », sont employés pour

l'emballage et l'expédition des abats et de la triperie en général, quant à la portion traversant le crible, et désignée sous le nom de « fine », elle est employée pour l'emballage du poisson.

Cette glace fine, n'est pas ce que l'on désigne sous le nom de « glace neige ». Cette dernière, ne ne peut être obtenue qu'avec un appareil construit spécialement à cet effet.

Il existe un appareil de ce genre, dont l'inventeur est M. Chiossone. Cet appareil est formé d'un cylindre en fer, portant plusieurs scies circulaires sur la surface. Ce cylindre est monté horizontalement sur un axe comme un broyeur ordinaire, mais l'axe de rotation ne coïncide pas avec l'axe géométrique, avec lequel il fait un angle déterminé. Il résulte de ce fait, que quand le cylindre tourne, on a, par rapport à un point fixe, un déplacement latéral des scies ; l'effet produit sur le pain de glace, est analogue à celui d'une vis pénétrant dans un morceau de bois. La glace poussée contre le cylindre en mouvement, est réduite en poussière fine, présentant tous les caractères de la neige, et, en particulier, son agglomération, qui diminue la vitesse de fusion. C'est en somme, la qualité de glace la meilleure, pour les expéditions lointaines, en particulier pour le poisson.

On commande généralement les broyeurs, au moyen d'un moteur électrique, et d'une courroie. Le moteur doit être prévu avec un enrouleur de courroie, en raison des variations de puissance résultant de la casse du pain, qui, avec une

courroie roulant sur une poulie ordinaire, provoqueraient fatalement soit la saute de cette courroie, soit la fusion des plombs fusibles de protection du moteur. Dans ces conditions, un broyeur pouvant fournir 6000 kilogrammes de glace broyée à l'heure, ne dépense pas plus de 2 chevaux et demi.

CHAPITRE VII

Conservation des denrées périssables

SOMMAIRE. — I. Principes sur lesquels repose la conservation des denrées périssables. — II. Conservation de la viande. — III. Conservation de la volaille et du gibier. — IV. Conservation des fruits frais. — V. Conservation des fruits secs. — VI. Conservation des œufs. — VII. Conservation du beurre. — VIII. Conservation des fromages. — IX. Conservation du poisson. — X. Conservation des légumes. — XI. Conservation des fleurs, oignons et graines. — XII. Conservation des fourrures. — XIII. Construction et aménagement des entrepôts.

I. PRINCIPES SUR LESQUELS REPOSENT LA CONSERVATION DES DENRÉES PÉRISSABLES.

La conservation des denrées périssables, rentrant dans l'alimentation humaine, est une des

principales applications du froid. Avant de traiter, en détail, de la conservation des diverses denrées, il est, croyons-nous, nécessaire, de bien expliquer ce qu'on entend par conservation.

Les substances alimentaires, désignées sous le nom de denrées périssables, sont toutes des substances organiques, d'origine animale ou végétale. Les unes comme les autres, peuvent se gâter, soit sous l'influence des germes préexistant à leur surface, ou dans l'intérieur de leurs tissus, et dont le développement provoque leur décomposition, soit par suite de réactions vitales, dues à des actions diastatiques, et les amenant à un point de maturité empêchant de les conserver plus longtemps, et obligeant à les consommer.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le froid agit, non en détruisant les germes ou les diastases en jeu, mais en arrêtant momentanément leur action, et, par conséquent, en maintenant dans un état déterminé, les substances soumises à son action. Il suit de là, que dès qu'on fera cesser cette action, les choses devront reprendre leur processus normal, et les substances ainsi maintenues dans un état stationnaire, devront achever leur maturation, ou se décomposer, comme si ces phénomènes n'avaient subi aucun arrêt.

Des exemples, feront mieux comprendre ce que nous venons d'exposer.

Prenons un morceau de viande de bœuf, aussitôt après l'abatage de l'animal. Au bout d'un temps plus ou moins long, par suite du développement de germes soit dans les tissus, soit à la

surface, il va présenter les symptômes de la putréfaction, qui le rendront impropre à la consommation. En hiver, ces symptômes se manifesteront au bout de plusieurs jours ; en été, ils apparaîtront beaucoup plus rapidement, et quelques heures suffiront, pour que la décomposition commence.

Si on soumet ce morceau de viande à l'action du froid, au sortir même de l'abattoir, les phénomènes caractéristiques de la putréfaction, ne se manifesteront qu'après un laps de temps bien plus long : si on l'a refroidi et maintenu à $+ 2^{\circ}$, on pourra le conserver en bon état pendant trois semaines environ ; si on a poussé davantage l'action du froid, et qu'on l'ait fait congeler, alors, sa conservation sera pour ainsi dire indéfinie, et pourra, en tous cas, se prolonger pendant plusieurs mois ; ce ne sera qu'un certain temps après la décongélation, qu'on verra se produire des symptômes de décomposition. Ce fait était connu bien avant l'invention des machines à froid, et les peuples des régions où les hivers sont particulièrement rigoureux, comme la Russie, ou l'Amérique du Nord, l'ont toujours utilisé pour la conservation de leurs provisions de viandes d'hiver, qu'ils suspendent aux branches des arbres, en plein air, et dont ils viennent suivant leurs besoins découper leur ration quotidienne.

Au lieu d'un morceau de viande, considérons un fruit, une poire, par exemple. Si nous la cueillons avant sa maturité complète, et la laissons à la température ambiante, la maturation,

qui résulte d'actions diastasiques, se poursuivra régulièrement, et, au bout de quelques jours, la poire sera mûre, puis se gâtera. En plaçant ce fruit dans une chambre où la température sera voisine de 0°, les actions diastasiques seront arrêtées, et il restera dans l'état où il était, au moment de sa cueillette, jusqu'à ce qu'on le remette à une température permettant à ces actions de reprendre, et de l'amener à maturité.

Dans ces deux cas, le froid aura donc bien arrêté les actions produisant la décomposition ou la maturation des produits considérés, mais il n'aura pas détruit les causes produisant ces phénomènes, qui reprennent leur cours normal, dès qu'on les soustrait à cette action.

Ce que nous venons de voir pour deux cas différents, est vrai pour tous les autres cas que l'on peut avoir à envisager, comme la conservation des volailles, des œufs, du beurre, des fromages etc...

Il semble, au premier examen, qu'il doive être très facile, d'appliquer ainsi le froid à la conservation des denrées alimentaires, mais, il ne faut pas oublier que nous n'avons envisagé qu'une partie du problème, la plus importante, et qu'il y a d'autres facteurs qui entrent en jeu, et dont il faut tenir compte, si l'on veut obtenir des résultats intéressants. Il faut bien se persuader, en effet, que la conservation d'une substance alimentaire quelconque ne présente d'intérêt, que du moment où on peut en tirer un bénéfice commercial ; il est donc de toute nécessité que la substance conservée, en sortant du frigorifique,

se présente dans des conditions permettant de l'écouler avantageusement, et de concurrencer les produits vendus sans avoir passé par le frigorifique.

Parmi les conditions ayant une influence sur la conservation des denrées, la composition même de celle-ci, est extrêmement importante.

Si nous considérons comme tout à l'heure un fruit, nous savons qu'il renferme une certaine proportion d'eau ; si nous le plaçons dans une atmosphère de degré hygrométrique peu élevé, il va se produire une évaporation active par sa surface, et, en peu de temps, la pelure va se rider ; le fruit sera flétri, et aura perdu sa valeur marchande.

L'état hygrométrique de l'atmosphère des chambres froides, présente donc une importance capitale, pour la bonne conservation des produits qui y sont emmagasinés, et nous voyons de suite, qu'il sera nécessaire de maintenir dans ces chambres, non seulement une température appropriée aux produits que l'on y veut conserver, mais, également, un état hygrométrique bien défini.

De ceci, nous pouvons déjà conclure, que, pour les substances renfermant une très grande proportion d'eau, comme les légumes, par exemple, il ne faudra pas compter les conserver longtemps, si l'on veut de bons résultats ; malgré le degré hygrométrique élevé que l'on entretiendrait dans les chambres de conservation, l'évaporation serait toujours vive, et provoquerait bientôt leur

flétrissement. Ce sont donc des denrées que l'on peut faire passer au frigorifique pour les conserver quelques jours, mais qu'on ne doit pas compter y garder longtemps.

Les autres conditions qui peuvent influencer sur la conservation des produits alimentaires, ne rentrent plus dans le même ordre d'idées que celles que nous venons de voir (température et état hygrométrique), nous les signalerons, et indiquerons leur influence, au fur et à mesure que nous étudierons particulièrement chaque produit.

Enfin, nous ne voulons pas terminer ces quelques observations, sans faire remarquer, que, s'il peut être intéressant de rechercher les moyens de conserver des denrées dont on ne s'occupe pas actuellement, ce ne peut être qu'à la condition que cette conservation, s'applique à des marchandises ayant une valeur commerciale sérieuse. La conservation par le froid, est une opération qui est toujours coûteuse, et il ne faut pas vouloir l'appliquer, à des produits dont la valeur intrinsèque ne permettrait pas de tirer un bénéfice certain, au sortir du frigorifique.

Nous allons, après ces principes généraux, exposer les recherches qui ont été faites pour toutes les denrées que l'on conserve actuellement d'une façon courante, et les faits acquis, sur lesquels sont basées leurs méthodes de conservation.

II. CONSERVATION DE LA VIANDE

La conservation de la viande de boucherie présente un intérêt tout particulier, par suite de son importance alimentaire.

Nous avons dit plus haut, que les peuples des régions froides, utilisaient la viande congelée naturellement, pour leur alimentation pendant l'hiver, il semblerait donc naturel, que dès qu'on a eu la possibilité de produire les basses températures sous toutes les latitudes et en toutes saisons, on ait dû utiliser ce moyen de conserver la viande. Or, il n'en a pas été ainsi, et ce n'est qu'après bien des recherches et des luttes, que Charles Tellier a réussi à faire comprendre les services énormes que l'on pouvait obtenir, de l'utilisation des machines frigorifiques, pour le commerce de la viande. Il faut dire aussi, que la congélation brutale dans une atmosphère à -20° ou -30° , comme celle dont nous avons parlé, ne ressemble que fort peu, à ce que l'on est appelé à faire industriellement, et de multiples problèmes se sont posés au génial chercheur qu'il lui a fallu résoudre successivement, pour arriver au résultat désiré.

Dès 1860, Tellier cherche l'appareil industriel qui solutionnera la question de la conservation de la viande. Il commença par se rendre compte des inconvénients que présente la conservation au moyen de la glace, telle qu'on la pratique encore ; ces inconvénients résultent de ce fait, que

l'atmosphère de la glacière est toujours saturée d'humidité, ce qui facilite le développement des organismes qui pullulent à la surface de la viande, et, en particulier, des moisissures. Dès qu'il se fut convaincu de la nécessité d'une atmosphère d'état hygrométrique bien déterminé, pour obtenir de bons résultats, il poursuivit ses études dans cette voie, et créa de toutes pièces, le système actuellement encore employé, qui consiste à maintenir la viande dans une atmosphère froide, produite par une circulation d'air, passant de la chambre froide dans l'appareil réfrigérant où sa température s'abaisse en même temps qu'il abandonne l'humidité dont il a pu se charger, au contact des marchandises emmagasinées. Nous avons déjà expliqué ce système, qui nécessite l'emploi d'un frigorifère.

Les résultats de cette méthode, ont été reconnus et consacrés par le rapport de Bouley, secrétaire de la commission nommée par l'Académie des Sciences en 1873, pour examiner le procédé Tellier (comptes rendus de l'Académie des Sciences 1874).

A la suite de cette consécration officielle, Tellier voulut mettre ses principes en application, d'une façon qui put montrer leur valeur, au point de vue industriel et commercial. Il chercha et trouva des concours financiers, et aménagea un bateau suivant ses idées, bateau qu'il baptisa le « Frigorifique ».

Nous ne pouvons nous appesantir sur les détails anecdotiques de cette expérience, et nous bornerons à en donner les résultats.

« Le Frigorifique » arriva à Buenos-Ayres, où sa cargaison de viande embarquée, partie en France, partie à Lisbonne, fut trouvée en parfait état, par une commission chargée de l'examiner, par le gouvernement Argentin, bien que la viande provenant de France, eut accompli une traversée de 105 jours.

La démonstration de la possibilité de conserver de la viande en excellent état, et parfaitement comestible pendant plusieurs mois était faite, et aussitôt, des sociétés se fondèrent, pour tirer parti de la découverte de Tellier. C'est surtout aux Etats-Unis et à la République Argentine, que la nouvelle industrie se développa ; en France, l'inventeur ne trouva à son retour que l'indifférence, et parfois l'hostilité.

C'est à dessein, que nous avons employé le terme de « nouvelle industrie », en parlant de l'exploitation des procédés de Charles Tellier. Auparavant, en effet, le commerce de la viande était fait partout comme actuellement encore en France, par des bouchers dont le métier comprenait tout à la fois la sacrification des animaux, l'apprêt de la viande pour la vente, et la vente au détail. Avec le nouveau procédé, cette méthode de travail se trouva changée. Les sociétés qui se formèrent, établirent dans les contrées d'élevage des usines où le bétail est abattu sur place, sans avoir voyagé plus ou moins longtemps, et où la viande en provenant, est aussitôt placée dans des chambres froides où on l'amène à la température à laquelle on désire la conserver.

Lorsqu'elle est suffisamment réfrigérée, elle est expédiée par wagons ou bateaux frigorifiques, dans les centres de consommation.

C'est ainsi que chaque année, l'Argentine, en particulier, exporte des quantités considérables de viande de bœuf ou de moutons, qui sont dirigées sur Londres, où le commerce des viandes réfrigérées ou congelées est centralisé, puis, de là réexpédiés sur les centres de consommation.

Cette industrialisation du métier de boucher, était forcée, pour obtenir de bons résultats. L'une des conditions qui influent sur la bonne conservation de la viande soumise à l'action du froid, est, en effet, que celle-ci soit placée dans le frigorifique avant qu'aucune cause d'altération n'ait eu le temps d'agir sur elle. Pour cela, il faut qu'au sortir même de l'abattoir, elle soit introduite dans les chambres froides, sans avoir à accomplir aucun trajet de durée appréciable ; ceci ne peut être réalisé, que si l'abattoir et le frigorifique sont réunis dans une même usine. Vouloir agir d'autre façon, c'est aller à un échec certain.

Nous avons employé tout à l'heure, les termes de : *viande réfrigérée*, et de *viande congelée*. Il y a, en effet, deux méthodes de conserver la viande, que l'on emploie suivant les résultats que l'on veut obtenir.

On peut simplement réfrigérer la viande, c'est-à-dire l'amener et la maintenir à une température comprise entre 0° et + 4°. Ce procédé est celui généralement employé dans les frigorifiques d'abattoirs, ou dans les entrepôts servant

aux bouchers d'une ville ou d'un marché à resserrer leurs viandes pendant les heures de fermeture de leurs magasins ou de leurs étaux. La viande maintenue de $+ 2^{\circ}$ à $+ 4^{\circ}$, peut se conserver dans de bonnes conditions pendant 3 semaines environ. Depuis quelques années, on a cherché à augmenter la durée de conservation de la viande par simple réfrigération, on n'a pu y parvenir, qu'en faisant agir d'autres agents de conservation que le froid.

Tellier avait montré, qu'en provoquant un certain dessèchement de la viande réfrigérée, on obtenait une prolongation de conservation considérable. Il était arrivé, en desséchant la viande de 20 à 25 0/0 de son poids, à obtenir ce résultat que cette viande se conservait indéfiniment, même si on la ramenait à la température ordinaire hors du frigorifique. Il mit ainsi en expérience, pendant toute la durée de l'exposition de 1878 à Paris, un mouton préalablement réfrigéré et desséché, qui fut exposé pendant ce temps, à toutes les intempéries, sans pour cela présenter de traces de corruption.

On peut aussi soumettre les viandes réfrigérées avant leur entrée au frigorifique, à une atmosphère renfermant une certaine proportion d'aldéhyde formique. Disons de suite, que les viandes renfermant cet antiseptique sont interdites par le service sanitaire Français, mais certains procédés usités à l'étranger n'emploient le formol qu'à une dose très faible, de sorte que, au bout de peu de temps, il n'est plus décelable à l'analyse.

C'est en combinant le froid avec l'action du formol et du dessèchement, que par le procédé Linley, on arrive à conserver de la viande simplement réfrigérée, pendant 2 et 3 mois.

Ce système est très en faveur à l'heure actuelle, et les viandes réfrigérées de cette façon, concurrencent actuellement les viandes congelées.

La viande *congelée*, est refroidie d'abord à -10 ou -15° , pour que la congélation soit rapide et complète, ou suivant l'expression admise : « à cœur » elle est ensuite maintenue à la température de -5° . La conservation de la viande congelée, est pour ainsi dire indéfinie, et pratiquement, on la conserve toujours plusieurs mois.

Avant de décrire les procédés que l'on emploie pour réfrigérer ou congeler les viandes, nous croyons indispensable d'indiquer les modifications qui résultent de l'action du froid, sur les viandes qui y sont soumises. Pour cela, nous ne pouvons mieux faire, que de citer une partie du travail magistral du professeur A. Gautier sur ce sujet. Cette étude, qui fait justement autorité, doit être connue de tous ceux qui veulent, sur une grande ou une petite échelle, s'occuper de conservation des viandes par le froid.

Composition des bonnes viandes de Boucherie.

« Pour arriver à une comparaison profitable
« des viandes fraîches et des viandes conservées,

« il importait de bien connaître d'abord dans ses
 « détails, la composition des viandes usuelles
 « de bonne qualité.

« Nous pouvions, appliquant ensuite les mêmes
 « méthodes aux viandes frigorifiées, arriver à
 « à une comparaison sérieuse de ces dernières
 « avec les viandes de consommation ordinaire.

« Pour résoudre cette question préalable de la
 « composition de nos viandes alimentaires usuelles,
 « je me suis adressé à la viande des animaux de
 « nos pays les plus semblables de race à ceux qui
 « fournissent la viande congelée, bœufs ou mou-
 « tons élevés au pâturage, comme les américains
 « ou australiens correspondants. J'ai analysé leur
 « chair après l'avoir débarrassée par un épluchage
 « soigneux de toutes les parties tendineuses,
 « aponévrotiques ou grasses, visibles et facilement
 « enlevables au couteau. Le muscle ne conte-
 « nait plus dès lors que ses fibres rouges avec
 « les fines membranes sarcolématiques qui les en-
 « closent et un peu de tissu cellulaire intersti-
 « tiel. Ainsi préparée, la chair musculaire fut ana-
 « lysée par une méthode nouvelle que je décrirai
 « ailleurs et qui me permettait de doser succes-
 « sivement : l'eau, les albumines et globulines
 « coagulables, les peptones préexistantes, la myo-
 « sine, la myostroïne, les collagènes, l'acide nu-
 « cleinique, les matières extractives, les graisses,
 « le glycogène, les substances indigestibles rési-
 « duelles, les sels solubles, le pouvoir réducteur,
 « l'extrait sec fait à froid et à 100°, etc.

« Je ne pense pas qu'il ait été publié jusqu'ici

« d'analyse plus détaillée de ces aliments, les
« plus importants après le pain.

« Mes analyses ont été faites, pour le mouton
« 48 heures après la mort de l'animal, pour le
« bœuf 60 heures après, la température ambiante
« étant de 8° à 9° au commencement de mars,
« Le mouton était de race normande dite présalé ;
« le bœuf était le bœuf rouge du Quercy. Voici
« mes analyses pour ces deux sortes de viandes
« types :

Substances dosées	Mouton frais (épaule et cou)	Bœuf frais (Rhumsteack)
Eau	74,92	74,81
Globulines (avec un peu d'albumine) de la partie de la viande soluble dans l'eau	3,32	3,06
Peptones préexistantes. .	1,33	2,24
Myosine.	8,31	10,96
Myostroïne.	4,49	4,30
Matières indigestib. (élas- tine, kératine, etc.) . .	0,86	0,21
Matières extractives (fer- ments, leucomaines, etc).	0,49	0,97
Glycogène	0,40	0,38
Graisses et cholestérine .	5,23	1,97
Sels minéraux solubles .	0,60	0,65
— insolubles.	0,65	0,41
Total	100,52	99,96

« Nous avons fait en outre séparément, sur les
« mêmes échantillons, les déterminations sui-
« vantes :

Pour 100 parties de viande fraîche	Mouton frais	Bœuf frais
Extraits secs des parties solubles dans l'eau froide	5,84	6,92
Extraits secs des parties solubles dans l'eau froide qui restent après coagu- lation par la chaleur des albumines et glo- bulines	2,523	3,86
Extrait sec du bouillon ob- tenu par ébullition (8 h.) de la viande hachée avec de l'eau en excès. . .	3,37	3,98
Matières réductrices de la viande calculée en gly- cose	0,191	0,24
Parties gélatinisables par chauffage à 115° durant 6 heures du résidu de la viande insoluble dans l'eau	2,72	2,56
Acide nucléinique . . .	0,56	0,44
Déchets de la viande brute.	Variable	Variable

« Quoique ces analyses n'aient été faites que
« sur deux sortes de viandes, on peut les regar-
« der comme représentant une moyenne s'appli-

« quant à l'ensemble des bonnes viandes alimentaires consommées dans notre pays ou dans les pays voisins.

« Il résulte de ces diverses déterminations que les parties maigres (matière musculaire proprement dite) de la viande fraîche de bœuf ou de mouton en bon état et prêtes à être consommées 24 à 50 heures après l'abatage, contiennent environ les trois quarts de leur poids d'eau et un quart de matière organique.

« L'ensemble des matières albuminoïdes digestibles s'élève pour 100 parties de viande fraîche à 17, 4 parties pour le mouton, à 20,3 parties pour le bœuf. Le rapport des parties solubles de viande privée d'os, de tendons, d'aponévroses, de tissu cellulaire, etc., qui accompagnent le muscle proprement dit aux parties insolubles dans l'eau est le suivant :

	Parties solubles	Parties insolubles
Mouton	4,65	12,80
Bœuf	5,30	15,26

« Si l'on tient compte que la majeure partie de la graisse est simplement interposée entre les fibres musculaires, et si l'on calcule les chiffres ci-dessus en éliminant la graisse par le calcul, on trouve pour 100 parties de fibre musculaire proprement dite à l'état frais :

	Parties solubles	Parties insolubles	Total
Mouton.	4,91	13,50	18,41
Bœuf	5,37	15,44	20,81

« On voit que la partie digestible de la viande
 « de bœuf principalement formée de matières
 « albuminoïdes est notablement supérieure chez
 « cet animal à ce qu'elle est chez le mouton, re-
 « marque qui s'applique, comme on le verra, aux
 « viandes frigorifiées.

« Les parties solubles dans l'eau froide se com-
 « posent d'après nos expériences, de peptones, de
 « globulines et d'albumine, cette dernière en très
 « minime proportion. Les peptones préexistantes,
 « ou formées un peu après la mort, varient de
 « 1, 33, (viande de mouton) à 2,24 (viande de
 « bœuf).

« La myosine, et la myostroïne ou partie phos-
 « phorée de la fibre musculaire, forment la portion
 « insoluble dans l'eau essentiellement azotée et
 « nutritive du muscle. Leur poids total s'élève à
 « 15,80 pour 0/0 de viande de mouton et à 15,26
 « pour celle de bœuf.

« La partie indigestible de la chair musculaire,
 « privée d'autant que possible de ses graisses et
 « aponévroses (fibres élastiques, kératines, etc.)
 « s'élève seulement à 0, 24 pour 100 parties dans
 « la chair de bœuf (rhumsteak) ; elle est un peu
 « plus abondante dans celle de mouton (0,86

« pour 100), très probablement parce que la partie analysée était plus riche en tissu aponévrotique.

« Les matières gélatinisables (collagènes) peuvent être dosées en séparant d'abord par lavage toutes les parties solubles et soumettant le résidu à l'action de l'eau à une température de 115° à l'autoclave durant 4 à 5 cinq heures. J'ai trouvé qu'elles s'élèvent à 2,56 pour 100 de viande fraîche de bœuf, et à 2,72 pour celle de mouton.

« Les matières grasses et la cholestérine de la viande de mouton privée de la portion de son tissu cellulaire mécaniquement enlevable peuvent dépasser 5 pour 0/0 du poids du muscle frais chez le mouton. Elles sont beaucoup moins abondantes chez le bœuf.

« Les matières extractives solubles dans l'eau bouillante (poids de l'extrait sec fait à chaud duquel on retranche les peptones et les sels solubles), se composent surtout des leucomaïnes ou bases de la viande, d'un peu d'acide lactique et des ferments. Leur poids ne s'élève pas au 1000^e de celui de la viande fraîche, chez le bœuf et à un peu plus de 1/2 millième pour la bonne viande de mouton. Les leucomaïnes ou bases de la viande se composent surtout de créatine mêlée de xanthocréatine, sarcine, xanthine, adénine, etc., bases généralement un peu amères et excitantes, agissant à la façon de la caféine.

« Parmi les ferments de la viande existe une sorte de trypsine qui agit même durant la vie,

« car la peptone que l'on trouve dans le suc musculaire ne paraît pas se former tout entière après la mort. Cette digestion interne en se prolongeant dans la viande de boucherie, l'attendrit et la rend facile à digérer. Il existe aussi dans la chair musculaire une sorte de fibrinogène paraissant apte à coaguler vers 37°, une substance albuminoïde spéciale dont nous reparlerons à propos de l'exsudat que fournissent toujours en proportion variable les viandes fraîches ou frigorifiées. Enfin, on y trouve le ferment oxydant de Jaquet, qui paraît être l'agent efficace de l'action si spéciale et si favorable qu'exerce la viande crue pour stimuler la nutrition, chez les anémiés, les chlorotiques, les dyspeptiques, etc.

« Les ferments digesteurs, en agissant sur la viande vers 8° à 15°, la liquéfient en partie et produisent un lent exsudat qui peut s'élever à 30/0, pour la chair musculaire de bœuf ordinaire, mais qui est plus abondant, ainsi qu'on le verra, pour la viande frigorifiée.

« On trouve enfin, dans la partie soluble du muscle une matière thermogène qui, extraite par l'eau, même bouillante, peut élever de 1,5 à 2 degrés la température des animaux auxquels on l'injecte.

« Les sels minéraux pour cent de viande fraîche se composent de :

		Mouton	Bœuf
Partie soluble	Chlorure de potassium . . .	0,103	0,112
	Chlorure de sodium . . .	0,021	0,023
	Sulfate de potasse . . .	0,050	0,055
	Phosphate de potasse PO ⁴ K ² H.	0,383	0,409
	Phosphate de chaux . . .	0,010	0,018
	Phosphate de magnésie . .	0,033	0,036
Total de la partie soluble.		0,600	0,653
Partie insoluble	Phosphate de chaux . . .	0,650	0,440
	Phosphate de magnésie . .		
Total des sels.		1,250	1,093

« 1 kilogramme de viande bouillie longtemps
 « avec de l'eau pure donne 2,500 centimètres
 « cubes de bouillon laissant de 33 à 40 grammes
 « de résidu sec, soit 13 grammes 2 à 16 grammes
 « de matière sèche par litre.

« Ce résidu (parties solubles issues de la viande)
 « s'élève généralement dans le bouillon de mé-
 « nage à 20 ou 22 grammes par litre, lorsque,
 « ainsi qu'on le fait généralement, la viande a été
 « conservée quelques jours, et si par une longue
 « ébullition de 8 à 6 heures et grâce à l'action du
 « sel marin qu'on ajoute, il se fait à la fois une
 « peptonification partielle et une dissolution des
 « collagènes. L'extrait d'un litre de bouillon pro-
 « venant de viande de bœuf est, d'après mes ex-

« périences, à peu près composé comme il suit,
 « sauf variations assez grandes dues à la nature
 « de la viande, et au temps que dure l'ébullition
 « avec l'eau :

	Pour un litre de bouillon de bœuf
Peptone et propeptones.	5 gr. 3
Gélose (gélaitines)	2 6
Bases créatiniques.	1 8
Autres bases.	0 2
Inosite et glycogène	1 4
Matières extractives diverses	2 6
Sels minéraux	4 5
Total.	18 gr. 4

« Les parties réductrices de la viande aptes à
 « réagir sur le réactif cupropotassique ou sur le
 « permanganate à froid, calculées en glycose,
 « s'élèvent pour 100 parties de viande fraîche à
 « 0 gr. 19 pour le mouton et à 0 gr. 24 pour le
 « bœuf frais.

« On n'a pas obtenu de résultats concordants
 « en essayant de comparer les poids de précipités
 « obtenus par l'acide phosphomolybdique. On
 « y reviendra plus loin.

« Les divers principes qui composent la bonne
 « viande fraîche de boucherie ainsi déterminés
 « par ces expériences, nous pouvons maintenant
 « aborder utilement l'étude comparée de la viande
 « congelée restée longtemps en magasin avant
 « d'être consommée. On l'a analysée par les mêmes
 « méthodes.

Composition des viandes conservées par congélation.

« Les viandes réfrigérées importées en Europe
« sont généralement de belle qualité. Elles pro-
« viennent d'animaux paissant en demi-liberté ;
« jour et nuit au grand air, dans les vastes prai-
« ries de l'Amérique et de l'Australie. L'aspect
« de ces viandes congelées, surtout lorsque sorties
« de la chambre froide elles sont lentement décon-
« gelées à l'air, est tout à fait satisfaisant. Mais
« étant donné les idées qu'on s'était faites jusqu'à
« Pasteur sur l'instabilité des matières albumi-
« noïdes animales, et sur les transformations dites
« spontanées que leur ferait subir leur longue
« conservation avant qu'elles ne soient consom-
« mées, il était à prévoir que l'usage de ces viandes
« ne s'établirait pas sans qu'on eût à compter avec
« les préjugés populaires d'ailleurs en partie fon-
« dés.

« Les critiques n'ont donc pas manqué. On
« a dit que ces viandes laissent plus de déchet
« que les viandes ordinaires ; qu'elles étaient
« moins grasses, moins agréables au goût, plus
« gélatineuses que les fraîches ; qu'elles donnent un
« moins bon bouillon, qu'elles contiennent moins
« d'éléments nutritifs ; qu'elles sont de digestion
« plus difficile ; enfin et surtout qu'elles se
« conservent moins bien que les viandes fraîches
« après leur décongélation. Nous examinerons suc-
« cessivement ces diverses affirmations.

Composition des viandes congelées.

« J'ai fait l'analyse des viandes américaines
 « de mouton et de bœuf congelées à cœur à une
 « température de 12° à 15° au-dessous de zéro et
 « conservées depuis 5 à 6 mois, à des tempé-
 « ratures variant de —5° à —6°, soit dans l'usine des
 « viandes frigorifiées La Negra, près Buenos-
 « Ayres, soit à Paris, après leur transport. Les
 « moutons qui fournissent ces viandes sont de la
 « race de Rambouillet croisée de Dishley-Mérinos,
 « Southdown et Lincoln ; les bœufs sont des Short-
 « Zorn Durham âgés de 3 à 4 ans. Voici la compo-
 « sition de ces viandes (Voir tableau page 249).

« Toutes mes études ont porté sur des viandes
 « venant de la République Argentine et fournies
 « obligeamment par la compagnie Lansinena.
 « Elles étaient d'origine authentique. Leur ana-
 « lyse a été faite par la méthode même à laquelle
 « ont été soumises les viandes fraîches françaises
 « correspondantes dont j'ai donné plus haut la
 « composition.

« Ces viandes ont été analysées aussitôt après
 « leur décongélation, et par une température
 « ambiante de 8° à 12° qui modifie très peu les
 « quantités de peptones qui y préexistent.

« Les déterminations suivantes complètent
 « leur caractérisation. (Voir tableau page 250).

COMPOSITION DE 100 PARTIES DE VIANDE	Mouton frigor. conservé 5 à 6 mois de - 12° à - 5°	Bœuf frigorifié conservé 5 à 6 mois de - 12° à - 5°
Eau	73,66	73,96
Globulines (mêlées d'un peu d'albumines coagulables) contenues dans la partie de ces viandes solubles dans l'eau	2,14	2,69
Peptones préexistant dans la partie de ces viandes solubles dans l'eau . . .	1,29	2,56
Myosine	10,33	9,29
Myostroïne	4,94	6,41
Matières indigestibles (élas- tine, kérastines, etc.) . .	0,75	0,94
Matières extractives (leuco- maïnes, ferments) . . .	0,95	1,01
Glycogène.	0,03	0,16
Graisse et cholestérine . .	5,38	2,04
Sels minéraux solubles . .	0,53	0,47
Sels minéraux insolubles .	0,44	0,44
Total	100,44	100,97

« De ces déterminations, comparées à celles
 « qui ont été faites par la même méthode sur les
 « viandes fraîches de bonne origine provenant
 « d'animaux de notre pays nous tirerons les con-
 « séquences suivantes :

Dans 100 grammes de viande frigorifiée on a trouvé :

	Mouton	Bœuf
Extrait séché à 110° des parties solubles dans l'eau froide (albuminoïdes coagulables compris) . . .	5,34	6,99
Extrait fait à froid dont on a enlevé les albuminoïdes coagulables à l'ébullition	3,20	4,50
Extrait séché à 110° du bouillon fait à chaud	3,62	4,17
Acidité de l'extrait aqueux de 100 gr. de viande calculé en SO^4H^2 . . .	0,38	0,40
Matières réductrices de 100 gr. de viande fraîche calculées en glycose	0,17	0,11
Parties gélatinisables, par chauffage à 115° durant 6 heures en présence de l'eau, du résidu insoluble de la viande	2,69	2,15
Acide nucléinique	0,591	0,660

1° « Les viandes frigorifiées de mouton et de
 « bœuf contiennent environ 1 pour 100 d'eau
 « en moins que les bonnes viandes de boucherie
 « françaises conservées 2 à 3 jours seulement à
 « l'air libre, à une température de 10 à 14 degrés.
 « 2° L'ensemble des matières albuminoïdes di-
 « gestibles s'élève pour 100 parties de viandes
 « frigorifiées a :

	Parties solubles	Parties insolubles	Total
Mouton.	3,13	15,27	18,40
Bœuf	5,25	15,70	20,95

« Si l'on remarque que la graisse n'est que mé-
 « langée au muscle et si l'on calcule, d'après ces
 « données, la composition de la fibre musculaire
 « entièrement exempte de corps gras on trouve :

*Albuminoïdes digestibles pour 100 parties de fibre
 musculaire frigorifiée*

	Parties solubles	Parties insolubles	Total
Mouton.	3,62	16,12	19,74
Bœuf	5,36	16,00	21,36

« Ainsi dans ces viandes américaines congelées
 « et conservées comme dans nos viandes fran-
 « çaises fraîches, le poids des albuminoïdes di-
 « gestibles est chez le bœuf toujours supérieure
 « de 3 pour 100 environ à ce qu'il est chez le mou-
 « ton. Si l'on compte que cette dernière viande
 « contient à peu près 18 pour 100 de matière
 « albuminoïde digestible, une augmentation de
 « de 2 pour 100, lorsqu'on passe de celle-ci à la
 « viande de bœuf, revient au neuvième en plus.

« Un kilogramme de muscle maigre de bœuf nour-
 « rit comme 1,100 grammes environ de mouton,
 « et, si l'on ne tient compte que des albuminoïdes,
 « comme 1,145 grammes. Les graisses plus abon-
 « dantes chez le mouton, diminuent encore un peu
 « la valeur de cette dernière viande comme ali-
 « ment plastique.

« Les viandes frigorifiées, plus pauvres en eau
 « de 1 pour 100 que les viandes fraîches, sont aussi
 « un peu plus riches en principes alibiles.

	Mouton naturel	Mouton frigorifié
Albuminoïdes solubles	3,32	2,14
Peptones	1,35	1,29
Myosine et myostroïne	12,80	15,27
Total des albuminoïdes assimilables.	17,47	18,70
	Bœuf naturel	Bœuf frigorifié
Albuminoïdes solubles	3,06	2,69
Peptones	2,21	2,56
Myosine et myostroïne	15,26	15,70
Total des albuminoïdes assimilables.	20,53	20,95

« Nos expériences montrent donc qu'au point
 « de vue de leur teneur en principes protéiques
 « plastiques, les viandes américaines frigorifiées

« ont une composition au moins aussi riche, et
« même un peu plus riche, que les meilleures
« viandes françaises.

« On voit combien on serait mal fondé à dire,
« que la viande frigorifiée est plus pauvre en prin-
« cipes nutritifs, que les viandes fraîches corres-
« pondantes ; c'est le contraire qui est générale-
« ment vrai :

« Dans la partie musculaire proprement dite
« de ces viandes frigorifiées, la matière orga-
« nique indigestible ne s'élève pas au-delà de
« 1 pour 100. Elle est de 0 gr.75 pour 100 dans la
« viande de mouton et de 0 gr. 94 dans celle de
« bœuf.

« Les matières gélatinisables, lorsqu'on chauffe
« à l'autoclave le résidu insoluble de ces viandes
« avec un excès d'eau à 115° durant 6 heures,
« s'élèvent, pour le bœuf à 2 gr. 15, pour le mouton
« à 2 gr. 69 pour 100 de viande primitive. On voit
« encore ici que, contrairement à ce qui a été af-
« firmé, loin d'être plus gélatineuses que les viandes
« fraîches correspondantes les viandes frigori-
« fiées le sont plutôt un peu moins.

« Les matières grasses de la viande ordinaire et
« de la viande frigorifiée sont comparables comme
« composition et comme poids.

« Les matières extractives solubles dans l'eau
« bouillante, comprenant, ainsi qu'on l'a dit plus
« haut, l'ensemble des leucomaines et les ferments
« (le glycogène détruit), ne sont pas sensiblement
« plus abondantes dans les viandes congelées.
« Les petites différences, 0,36 (mouton) et 0,04

« (bœuf), sont presque de l'ordre des erreurs d'ex-
« périence.

« On remarquera que ces matières extractives
« ont été dosées par différence.

« Ce qui confirme la non augmentation de ces
« matières dans la viande frigorifiée, c'est que les
« phosphomolybdates obtenus dans le bouillon
« de chacune de ces viandes, déduction faite du
« poids correspondant à celui des peptones que
« cet extrait aqueux contenait, ont été moins abon-
« dantes dans les viandes congelées que dans les
« viandes naturelles quand le bouillon était fait
« avec ces viandes congelées aussitôt après leur
« dégel. C'est là un point très important qui mon-
« tre, qu'au dessous de 0° toute transformation
« fermentative des matières azotées est suspendue
« dans ces viandes.

« Comme nouvelle confirmation, on remarquera
« que les matières de l'extrait aqueux réduisant la
« réactif cupropotassique, n'augmentent pas dans
« les viandes conservées par le froid, ce qui dé-
« montre encore que les phénomènes de fermenta-
« tion anaérobie ne se produisent pas dans ces
« viandes lorsqu'on les garde, même durant des
« mois, à une température inférieure à 0°.

« Seul le glycogène disparaît des viandes conge-
« lées, transformé peut-être en acide lactique
« dont on retrouve une faible quantité dans les
« viandes frigorifiées.

« Pendant la conservation par le froid, les fer-
« ments peptonisants de la viande ne sont pas
« altérés, mais rendus inertes. On sait que la pep-

« sine n'agit pas au-dessous de 0° et que la try-
 « sine agit très peu à cette température, surtout en
 « milieu acidulé, tel que la viande. En effet, si
 « l'on fait l'analyse de ces viandes frigorifiées,
 « immédiatement après leur décongélation, on
 « n'y trouve pas une quantité sensiblement plus
 « grande de peptones que dans la viande fraîche
 « ordinaire :

	Peptone 0/0	
	Viande ordinaire	Viande frigorifiée
Viande de mouton. . . .	1,33	1,29
Viande de bœuf. . . .	2,24	2,56

« Mais, si l'on conserve ces viandes à la tempé-
 « rature ordinaire, surtout celle de bœuf, il s'y
 « fait, grâce aux ferments digestifs naturels, une
 « peptonisation partielle, qui contribue peut-être
 « à la formation de l'exsudat qu'elles, donnent
 « toujours, exsudat plus abondant lorsqu'elles
 « ont été congelées, ce qui a fait croire que,
 « par le fait de cette congélation leurs cellules se
 « sont rompues, opinion inexacte ; comme nous
 « le démontrerons plus loin.

« L'exsudat sanguinolent qui se fait, surtout
 « pour la chair de bœuf frigorifiée, lorsqu'on la
 « laisse se réchauffer à l'air, serait un inconvé-
 « nient sérieux pour l'utilisation et le débit de
 « ces viandes si elles devaient être longtemps con-
 « servées hors de la glacière avant d'être consom-
 « mées, et mieux encore si elles devaient l'être
 « après avoir été dépecées. en petits blocs de deux
 « à trois livres. Mais ce ne sont pas là des pra-

« tiques ordinaires ; la viande ne sort de la gla-
 « cière et n'est dépecée qu'au fur et à mesure
 « des besoins. Encore, pour un bœuf entier ou
 « découpé par quartiers, l'exsudation à l'air am-
 « biant ne commence que 30 à 48 heures après la
 « sortie de la chambre froide, alors seulement, que
 « la viande commence à se décongeler.

« *Liquide d'exsudat.* — Cette exsudation rou-
 « geâtre qui se produit dans la viande fraîche ou
 « dans la viande frigorifiée, mais surtout dans
 « cette dernière, et plus abondamment chez le
 « bœuf que chez le mouton, méritait d'être exa-
 « minée à part. C'est ce que j'ai fait surtout dans
 « le but de connaître l'origine et le mécanisme de
 « cette exsudation.

« 1.000 grammes de viande de bœuf frais (partie
 « charnue du haut de la cuisse, dite rhumsteak)
 « et autant de bœuf congelé (même partie), ont
 « été comparativement placés dans de larges en-
 « tonnoirs de verre couverts d'une vitre pour
 « éviter l'évaporation.

« On en fait de même pour les viandes de mou-
 « ton frigorifiée et fraîche (partie charnue du
 « gigot dite gitte). Après trois journées de conser-
 « vation à l'air à 13° — 14°, l'exsudation était ter-
 « minée. On a trouvé par kilogramme de viande :

	Exsudat obtenu
Bœuf ordinaire	33 cc.
Bœuf frigorifié.	113 »
Mouton frigorifié.	38 »

« Si ces viandes restent recouvertes en grande

« partie de leurs aponévroses, l'exsudat est presque nul.

« Cet exsudat était d'une belle couleur rouge transparent, neutre ou à peine acidulé. Il ne contenait ni matières minérales cristallisées en quantité sensible ni cristaux d'hématine mais seulement quelques très rares globules de sang, rouges et blancs, à peine déformés, un peu moins discoïdes qu'ils ne sont dans les vaisseaux.

« Voici la composition que j'ai trouvé à cet exsudat.

	Pour 100 d'exsudat frais
Globulines précipitables par le sulfate d'ammoniaque pris en solution saturée et en excès	4,23
Albumine coagulable à 100°, après l'enlèvement des globulines précédentes	1,20
Peptones	3,47
Albuminoïde spécial (coagulant vers 37° environ)	0,49
Autres matières organiques, ferments, etc.	0,45
Sels solubles	1,29
Sels insolubles	0,06
Eau	88,81
	<hr/>
	100,00

Ainsi cet exsudat contient environ le dixième de son poids de matières albuminoïdes digestibles dont plus du tiers est formé de peptones issues de la viande, et plus de la moitié de glo-

« bulines et albumines préexistant dans la fibre
« musculaire.

« Nous avons rencontré dans cette liqueur,
« surtout chez le mouton, une matière albumi-
« noïde nouvelle, caractérisée par la singulière
« propriété de se coaguler lentement vers 37-38°,
« rapidement vers 47° (avant que la matière co-
« lorante de la viande commence même à s'altérer),
« en flocons blancs, insolubles, assez rapidement
« putrescibles. Cette substance n'est pas une glo-
« buline, car elle ne se dissout ni dans le nitre au
« 5^e ou au 10^e, ni dans le sel marin au 6^e. Ce n'est
« pas une fibrine, car elle est absolument inactive
« sur l'eau oxygénée, et elle se dissout rapidement
« dans la soude au 1000^e. Ce n'est pas une ca-
« séïne, car elle ne se redissout pas dans le car-
« bonate de soude étendu ni dans l'acide acétique
« faible. Comme les collagènes cette matière rou-
« git à peine à chaud par le réactif de Millon; elle
« ne donne pas la réaction de Raspail ($\text{SO}^4\text{H}^2 +$
« trace de sucre); elle ne donne pas de violet
« par évaporation avec l'acide chlorhydrique;
« mais elle fournit la réaction xanthoprotéique et
« celle du biuret. Il est possible que cette subs-
« tance qui existe dans le muscle durant la vie,
« soit destinée, en s'insolubilisant sous l'action
« du ferment spécial, à former les substances
« collagènes du tissu musculaire.

Objections faites aux viandes frigorifiées.

« Ainsi que nous venons de l'établir, les viandes
« conservées par le froid ont une composition ana-

« logue à celle des meilleures viandes de notre
« pays et ne subissent aucun changement sensi-
« ble lorsqu'on les garde à 5 ou 6° au-dessous de
« zéro. Mais il était facile de prévoir qu'avant de
« s'habituer à leur usage elles seraient de divers
« côtés l'objet de critiques fondées sur des obser-
« vations insuffisantes ou sur de simples préven-
« tions. En dehors de leur composition réelle, sur
« laquelle on avait peu de données, les objections
« qu'on a faites peuvent se résumer dans les trois
« points principaux suivants :

« Les viandes seraient d'un goût moins agréa-
« ble que les viandes naturelles ;

« Elles seraient moins digestibles qu'elles, et
« moins nutritives ;

« Elles se conserveraient difficilement après
« leur décongélation.

« **Goût.** — Le goût des viandes frigorifiées
« cuites, surtout roties, diffère un peu de celui
« des viandes ordinaires. Il est certain qu'à éga-
« lité de prix celles-ci seront toujours préférées.
« Mais l'hygiéniste, et l'économiste doivent son-
« ger moins à la table du riche qu'à celle du plus
« grand nombre, de l'ouvrier, du paysan, du sol-
« dat. Peut-on fournir aux ménages moyens
« et en tout temps un aliment aussi réconfortant
« que la viande fraîche qui nourrisse, excite égale-
« ment les fonctions et, fournisse la même énergie,
« cet aliment fut-il d'un goût un peu inférieur à
« celui de nos bonnes viandes du pays ? A cet égard,
« voici mes observations.

« Des côtelettes de mouton frais et de mouton

« frigorifié provenant de la Plata ayant été rôties
 « et servies simultanément sur ma table, 4 per-
 « sonnes ont préféré les côtelettes naturelles ;
 « 4 les frigorifiées ; et une ne s'est pas prononcée.

« Des gigots de mouton rôtis ayant été soumis
 « au même examen, le gigot frais avait une teinte
 « plus brune, moins agréable à l'œil ; elle était un
 « peu plus sèche, moins sapide. Le jus était aussi
 « abondant.

« Des tranches de bœuf, frigorifié et naturel
 « ont donné des pot-au-feu analogues, dans des
 « conditions identiques. La viande bouillie na-
 « turelle a été trouvée supérieure par 3 personnes
 « sur 5. La viande bouillie frigorifiée était néan-
 « moins excellente et l'on n'aurait pu la reconnaî-
 « tre sans être prévenu.

« Le bouillon provenant de ces bouillis, bouil-
 « lon fait dans les conditions ordinaires d'une
 « bonne préparation, a été trouvé supérieur pour
 « la frigorifiée par deux personnes, inférieur à
 « celui provenant de viande fraîche par 3. Le
 « bouillon de viande frigorifiée a paru peut-être
 « un peu plus fade, il est un peu moins coloré ;
 « mais il est tout à fait bon néanmoins.

« Ainsi l'on peut dire que, généralement, la
 « viande naturelle, bouillie ou rôtie paraît supé-
 « rieure comme goût à la frigorifiée ; mais celle-ci
 « n'en est pas moins agréable et bonne ; elle ne
 « peut être jugée inférieure à l'autre que par com-
 « paraison directe et attentive. On en a jugé de
 « même en Angleterre où ces viandes sont très
 « répandues et adoptées dans plusieurs hôpi-

« taux. Elles le sont bien moins en France, quoique
« consommées déjà à Paris, et dans quelques-
« uns de nos régiments, et recherchées par leurs
« officiers.

« **Nutritivité, digestibilité.** — Au point de vue
« de l'hygiène, le service de santé de l'armée a
« ainsi exprimé son avis : « La viande conservée
« par le froid est aussi nutritive que la viande
« fraîche de boucherie. Son prix de revient étant
« notablement inférieur, elle peut rendre de grands
« services ». Nos analyses démontrent le bien-fondé
« de cette opinion. Elles établissent que les prin-
« cipes nutritifs assimilables, sont légèrement
« plus élevés dans les viandes frigorifiées, et qu'ils
« sont dans le même état que dans les viandes
« fraîches.

« La digestibilité de ces viandes est, de l'avis de
« ceux qui les ont consommées, toute semblable
« à celle des viandes fraîches. Voici du reste à ce
« sujet mes expériences de laboratoire :

« 50 grammes de viande de mouton et de bœuf,
« fraîches et frigorifiées, provenant de la même
« partie de l'animal ont été mis dans quatre flacons
« en présence de 550 centimètres cubes d'eau
« ayant reçu 3 pour 1000 d'acide chlorhydrique
« réel et 0 gr.50 de pepsine active. On a placé le
« tout à l'étuve à 40° ; de temps en temps on pré-
« levait un échantillon et l'on examinait l'état de
« la digestion de ces viandes. Les résultats de cet
« examen sont consignés dans le tableau ci-
« après.

Temps écoulé depuis le début de la digestion	Bœuf de boucherie	B œuf frigorifié	Mouton de boucherie	Mouton frigorifié
1 h. 30 min.	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosph. sod</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>
3 h. 30 min.	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosph. sod</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité abondant dans le filtratum <i>Même réactif</i> Plus de précipité, mais précipité abondant par le <i>ferrocyanure acét.</i>
5 h. ; 6 h. ; 7 h.	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosph. sod</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète
8 h. 30 min.	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosph. sod</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète
10 heures.	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosph. sod</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète	Par le <i>phosp. sodiq.</i> Précipité notable <i>Même réactif</i> Louche <i>Même réactif</i> Plus rien ; fin de la peptonisation complète

« Mêmes observations lorsqu'on prend un poids
 « de pepsine 4 fois moindre, sauf qu'il faut un peu
 « plus du double de temps pour voir disparaître
 « toute syntonine, et que la digestion n'est pas
 « tout à fait terminée même en 16 heures pour les
 « viandes fraîches aussi bien que pour les frigori-
 « fiées. Mais, dans tous les cas, la digestion des
 « viandes frigorifiées se fait avec une régula-
 « rité parfaite, tout à fait comme celle de la
 « viande fraîche dont il est entièrement impos-
 « sible de la distinguer à ce point de vue.

Conservation. — « La viande frigorifiée se
 « conserve-t-elle aussi bien que la fraîche ? Pour
 « en juger, j'ai opéré comparativement avec des
 « blocs de 1 à 2 kilogrammes empruntés à la même
 « partie de l'animal, soit en laissant la viande
 « exposée à l'air libre, soit en plaçant dans de
 « grands entonnoirs de verre couverts d'une vitre,
 « et attendant que se manifestât l'odeur de relent
 « caractéristique d'un commencement d'altéra-
 « tion. Pour la viande placée en entonnoirs ou-
 « verts, voici le temps qui s'est écoulé depuis
 « qu'elle est sortie de l'abattoir, ou qu'elle a été
 « décongelée (Voir tableau page 264) :

« Ainsi pour le bœuf placé en vases imparfaite-
 « ment clos, la moyenne du nombre d'heures
 « de conservation a été, en mars, la température
 « ambiante variant de 12 à 18° :

Bœuf naturel.	107 heures
Bœuf frigorifié	92 »

	Temps écoulé jusqu'à un commencem ^t d'altération	Températ. ambiante
Viande ordinaire, bœuf. . .	72 heures	15° à 18°
	106 »	12° à 13°
	144 »	—
Viande frigorifiée, bœuf . .	113 »	—
	67 »	—
Viande de mouton ordinaire.	78 »	—
— — frigorifiée	70 »	—

« Le bœuf naturel se conserve donc dans ces
« conditions un peu mieux que le frigorifié, mais
« celui-ci se conserve un peu plus longtemps
« si l'on compte à partir de l'instant où il sort de
« la chambre froide.

« Les viandes de bœuf (tranche) et de mouton
« (selle) suspendues à l'air libre sous un auvent de
« bois, du 27 mars au 10 avril, par une tempéra-
« ture de 5° à 13°, et par un temps à deux reprises
« orageux se sont conservées durant ces 14 jours
« sans présenter trace d'altération putride, aussi
« bien les viandes fraîches que les frigorifiées. Ces
« viandes ce sont simplement séchées, elles ont
« bruni superficiellement et se sont raccornies ;
« mais elles étaient encore parfaitement mangea-
« bles et ont été consommées sans aucun acci-
« dent.

« Le mouton frigorifié laissé à l'air libre se
« conserve aussi bien que le mouton ordinaire

« pourvu que dans les premiers temps on ait le
« soin d'essuyer la viande avec un linge sec. Une
« épaule de mouton frigorifiée fut suspendue dans
« mon grenier le 8 mars ; elle y resta exposée 33
« jours à des températures variant de 6° à 19°
« sans qu'elle offrit à aucun instant, indice de pu-
« tréfaction. Elle s'était seulement couverte au
« début de quelques moisissures qu'on enleva et
« qui ne se reproduisirent que très lentement. Le
« 8 avril, la viande fut trouvée desséchée, brune
« à la surface et comme parcheminée, mais n'ayant
« aucune marque d'altération ou d'odeur de re-
« lent. Elle avait perdu 19 pour 100 de son
« poids primitif. Tranchée, cette viande fut trou-
« vée de couleur un peu moins rouge qu'à l'état
« ordinaire, mais elle était élastique et son odeur
« rappelait seulement un peu le jambon.

« Il y a loin de là, on le voit, à l'hypothèse qui
« veut que les viandes congelées se putréfient
« aussitôt après leur dégel ; en fait, elles peuvent
« être laissées à l'air, transportées en vrac, mise
« en wagon durant plusieurs jours avant qu'aucune
« putréfaction ne s'y manifeste.

« J'ai voulu étendre ces expériences à d'autres
« aliments animaux, aux poissons en particulier.
« Un mulot bien frais de 1 kilogramme environ
« fut vidé, lavé et suspendu dans la chambre fri-
« gorifique à -5° durant 8 jours. Au bout de ce
« temps il fut mis à décongeler à l'air libre à 8°
« ou 10°. A la fin du second jour ce poisson était
« devenu mou, par comparaison avec un mulot
« frais servant de témoin, mais même sept jours.

« après il n'avait aucune odeur putride. Il s'était
 « seulement un peu desséché à l'air et avait
 « repris de la raideur. Il fut mangé et trouvé à
 « peine passable et un peu sùri.

« J'ai fait aussi sur le gibier les remarques sui-
 « vantes : quatre énormes coqs de bruyère me
 « furent expédiés de Sibérie durant le gros hiver
 « de 1892. Depuis leur mort, ils avaient mis
 « 14 jours à arriver à Saint-Pétersbourg par une
 « température qui s'était abaissée au-dessous de
 « -30° . Ils avaient passés 5 jours à Pétersbourg
 « avant d'être réexpédiés en France et ils mirent
 « 4 jours pour venir à Paris où ils arrivèrent con-
 « gelés. Ils restèrent 2 jours encore dans ma cui-
 « sine avant de se décongeler, par une tempéra-
 « ture de 7 à 8° . Ils avaient donc subi la congéla-
 « tion à cœur, de -30° à 0° , durant 25 jours, au
 « bout desquels ils furent mangés les uns à Paris,
 « d'autres à Narbonne où ils étaient arrivés par
 « température de 12 à 13° . Pas plus les consom-
 « mateurs de Paris que ceux de Narbonne ne trou-
 « vèrent à ce gibier aucune sensation de putridité,
 « aucune altération des chairs aucune odeur dé-
 « sagrable perceptible. Ces coqs furent jugés ex-
 « cellents. Qu'il y a loin de ces faits à l'opinion si
 « répandue qui veut qu'une viande qui a été con-
 « gelée se putréfie rapidement aussitôt après son
 « dégel !

« **Etat des cellules de la viande congelée.** —
 « On a prétendu que dans les viandes soumises
 « à la congélation, les cellules ou fibres de la
 « viande étaient détruites, dilacérées par les cris-

« taux de glace qui s'y forment ; qu'après décon-
« gélation il en résultait une sorte de bouillie où se
« développaient rapidement les bactéries de la
« putréfaction.

« J'ai voulu me rendre compte de la réalité de
« ces dires et n'ayant observé par moi-même au
« microscope ni l'éclatement ou la dilacération des
« fibres musculaires, ni les prétendus cristaux de
« glace qui traverseraient les cellules et les fibres
« des tissus, voulant éclairer définitivement cette
« question, j'ai eu recours à une autorité incon-
« testée, celle de M. Maurice Letulle, l'un de nos
« professeurs agrégés les plus distingués de la
« Faculté de Paris, connu par ses beaux travaux
« de micrographie pathologique. M. Letulle a
« bien voulu à ma demande, examiner les viandes
« congelées. Il l'a fait d'abord dans la glacière
« même avant toute décongélation, puis à leur
« sortie de la chambre froide à mesure qu'elles
« se décongelaient. Voici la note qu'il ma remise
« à cet égard.

« Examen microscopique des muscles de mou-
« ton et de bœuf congelés, et décongelés.

« Une première série d'expériences a porté sur
« les muscles congelés, les coupes et l'examen
« étant faits directement dans la chambre réfrigé-
« rante même. Les fibres musculaires, sur les
« coupes montées dans la glycérine, apparaissent
« normales ; leur double striation est bien visible.
« Leurs dimensions varient entre $36/\mu$ et $50/\mu$
« (millièmes de millimètres). Les cellules adi-
« peuses, éparses entre les faisceaux muscu-

« laires, ont une forme polygonale très accusée.
 « On leur reconnaît 5 et 6 côtés accolés aux parois
 « correspondantes des cellules adipeuses voisines.
 « Le reste du tissu musculaire ne montre aucune
 « altération ; on n'aperçoit pas, sous le microscope,
 « trace de cristaux.

« Des prises ayant été faites dans la chambre
 « réfrigérante même, et les fragments de muscles
 « ainsi recueillis ayant été mis soit dans l'alcool
 « à 90°, soit dans l'alcool picriqué, les flacons qui
 « les contenaient ont été ensuite exposés à la tem-
 « pérature ordinaire (18° à 20°). L'examen des
 « coupes microscopiques donne alors les résultats
 « suivants :

« Dans la glycérine, après ou sans coloration
 « par le micro-carmin, apparaissent des espaces
 « irrégulièrement arrondis séparant brusquement,
 « de place en place, les fibres musculaires ; ces
 « écartements, ces vides sont surtout accusés au
 « niveau des espaces connectifs périvasculaires
 « dans les régions où la gangue interstitielle est
 « normalement la plus lâche, capitonnée souvent
 « par un nombre variable de cellules adipeuses.

« Sauf ces lacunes, qu'on trouve occupées d'or-
 « dinaire par un coagulum séro-albumineux, tout
 « le reste du muscle est normal. Les faisceaux
 « contractiles, peut-être un peu plus anguleux que
 « sur les coupes encore congelées, mesurent égale-
 « ment de 48 à 60, et même 68 μ de diamètre, la gly-
 « cérine leur donnant sans doute une plus grande
 « réfringence et les imbibant d'une manière nota-
 « table. Leurs noyaux intra-fasciculaire, le sar-

« colemme et ses noyaux, les capillaires intersti-
« tiels avec leurs longs noyaux endothéliaux,
« tout est normal, et bien en place, les globules
« rouges et les leucocytes font à peu près complè-
« tement défaut.

« La même remarque est faite au sujet de ces
« globules, pour les coupes colorées, soit à l'héma-
« toscyline soit à la thionine, et montées dans le
« baume.

« Les manipulations nécessaires pour cette
« dernière opération contractent d'une manière
« accusée la substance musculaire, ou du moins
« on y peut plus aisément reconnaître et mesurer
« les fibres musculaires petites ou moyennes, car
« on en note ayant depuis $20/\mu$ jusqu'à $32/\mu$ et
« au delà.

« Les cellules adipeuses dans toutes ces prépa-
« rations, sont remarquablement mieux arrondies,
« que sur les préparations examinées extempo-
« rairement dans la chambre réfrigérante. Sur les
« coupes montées dans la glycérine, elles atteignent
« $80/\mu$, $84/\mu$, (petit diamètre) sur $100/\mu$ et $104/\mu$
« (grand diamètre). Dans la chair de bœuf, on
« en trouve même qui ont $84/\mu$ (petit diamètre)
« sur $100/\mu$ et même 100 et $104/\mu$, ce chiffre étant
« le plus élevé.

« Les quelques globules rouges bien reconnais-
« sables que j'aie pu mesurer avaient de $41/\mu$,
« 66 à $5/\mu$ 82. Ils étaient parfaitement conservés..

(Signé) : M. Letulle.

« Ainsi, durant la congélation ou après leur dé-
 « congélation, les viandes conservent leur struc-
 « ture normale, la fibre musculaire reste intacte ;
 « quelques faisceaux seulement s'écartent, se
 « dissocient. Les cellules du tissu adipeux et les
 « globules rouges ne sont pas altérés. Il m'a paru
 « en outre que c'est dans le liquide exsudé, sans
 « doute grâce à la pression intra-cellulaire que
 « produit la congélation, mais en dehors des fibres,
 « que se forment les cristaux de glace que l'on
 « voit facilement à la loupe dans ces viandes,
 « avant leur décongélation.

Conclusions.

« La quantité de viande consommée en France
 « est inférieure à celle qui l'est dans d'autres pays,
 « en particulier en Angleterre, où le taux de l'ali-
 « mentation moyenne en produits animaux est
 « encore bien loin de s'élever aux taux constatés
 « à Paris, à Rouen, à Marseille, où même à Lyon.

« Il serait désirable que, dans notre pays, l'ali-
 « mentation en viandes, si favorable à la prospé-
 « rité publique et à l'activité nationale, puisse
 « s'accroître d'un tiers environ.

« Tant que l'agriculture française ne pourra
 « pas arriver à produire la viande nécessaire, ce
 « n'est pas par des tarifs exagérés qu'on doit
 « accueillir cette denrée précieuse indispensable
 « qui fait notoirement défaut chez nous. Si la
 « production française est insuffisante, il con-
 « vient de favoriser, au contraire, la consumma-
 « tion des viandes importées en particulier des

« viandes conservées par le froid, viandes d'une
« composition irréprochable, faciles à digérer,
« qui peuvent se conserver presque indéfiniment
« et qui, dans les cas d'épidémie de bétail ou de
« disette de fourrage, et surtout en temps de
« guerre peuvent rendre les plus grands services.

« Toutefois, et dans le but d'empêcher les
« fraudes qui pourraient être commises par le
« détaillant il nous semble nécessaire de distin-
« guer les viandes frigorifiées en les frappant à leur
« entrée en France d'un timbre spécial.

Ce travail d'Armand Gautier, a tranché la question de la valeur des viandes conservées par le froid, comparée à celle des viandes fraîches.

Depuis, on s'est beaucoup occupé des viandes non congelées, mais simplement réfrigérées, c'est-à-dire maintenues à une température basse, mais supérieure à 0°, généralement de + 2° à + 4°.

M. Müller a établi, par des recherches précises, que la réfrigération favorise la maturation de la viande, tout en empêchant sa putréfaction. D'après lui, il se produit dans la viande, à la température de conservation, des phénomènes d'autolyse, qui caractérisent la maturation, et ces phénomènes ne sont complets, qu'au bout de trois semaines environ de séjour à cette température. Nous avons vu comment, par l'emploi de l'aldéhyde formique, on pouvait augmenter la conservation de ces viandes frigorifiées.

Ces dernières jouissent actuellement d'une grande faveur, et font une concurrence sérieuse aux viandes congelées. Nous pensons qu'il y a

là un engouement qui est assez difficile à justifier, car pour que les viandes frigorifiées arrivent vraiment en bon état au marchand détaillant, il faut que leur transport ait été assuré dans des conditions particulièrement parfaites au point de vue de la constance de la température à laquelle elles doivent être maintenues. Ce point nous semble actuellement impossible à réaliser par suite des transbordements qu'elles subissent et ces viandes offrent, à notre avis, des garanties de conservation n'égalant pas celles des viandes congelées.

Les températures auxquelles on doit maintenir les viandes réfrigérées ou congelées sont donc actuellement bien déterminées. Nous avons exposé que l'état hygrométrique jouait un rôle important dans la conservation des denrées alimentaires, il est particulièrement intéressant pour la conservation des viandes.

La pratique a démontré que les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les chambres froides sont maintenues à un degré hygrométrique compris entre 75 et 80. Il résulte de ce fait, que la viande entreposée perd toujours une partie de son poids, phénomène dû à l'évaporation provoquée par son exposition au courant d'air sec produit artificiellement dans les chambres de conservation.

Cette évaporation provoque une perte de poids de $\frac{4}{10}$ à $\frac{6}{10}$.

De Loverdo, admet que la conservation de la viande, est fonction de l'évaporation à laquelle

elle est soumise dans la chambre froide. D'après lui, dès que l'évaporation cesse, la viande ne se conserve plus, et la putréfaction commence. Il admet que, pour les différentes viandes de boucherie, le phénomène d'évaporation cesse :

Pour le veau, au bout de . . .	14 jours
Pour le porc, au bout de . . .	17 »
Pour le bœuf, au bout de . . .	28 »
Pour le mouton, au bout de . . .	plus. semaines

Pour ce dernier, il cite des expériences faites à Lyon, où on a pu en conserver en parfait état 45 jours.

On ne devrait donc pas, en employant que le froid seul comme agent de conservation, conserver les différentes viandes au delà des limites ci-dessus, pour obtenir de bons résultats.

Ces idées de Loverdo, sur la concordance entre la conservation de la viande, et l'évaporation qu'elle subit, sont vérifiées du reste, par la pratique. Cette dernière montre, en effet, que la condition la plus importante pour obtenir une bonne conservation, est non seulement une température basse, mais, surtout, une ventilation énergique. Tous les praticiens sont d'accord, pour admettre qu'une viande se conservera mieux et plus longtemps à une température de $+4^{\circ}$ et même $+5^{\circ}$, si elle est soumise à une bonne ventilation, qu'à la température de $+2^{\circ}$, sans ventilation. Avec ce dernier mode de réfrigération, la durée de conservation est diminuée considérablement.

Le fait du dessèchement de la viande au frigorifique, provoque à sa surface, la formation d'une légère couche noirâtre, semblable à celle qui se produit sur la viande exposée à l'air, aux étalages. En enlevant cette couche, la coupe apparaît aussi belle que celle de la viande fraîche.

Tous les faits et les travaux que nous venons d'exposer, nous permettent maintenant, de fixer les conditions que l'on devra réaliser, dans une installation frigorifique pour obtenir les meilleurs résultats dans la conservation des viandes.

Viandes réfrigérées.

La température de la chambre devra être maintenue entre $+2^{\circ}$ et $+4^{\circ}$.

Le système de réfrigération, sera un système par ventilation, produit par un frigorigère à ruissellement.

Le degré hygrométrique devra être maintenu entre 75° et 80° au maximum.

Ce dernier point, entraîne comme conséquence importante, la nécessité, particulièrement dans les frigorifiques d'abattoirs, de faire séjourner les viandes dans une antichambre, avant de les introduire dans la chambre de conservation. Les viandes venant de l'abattoir, sont, en effet, toutes chaudes, leur température est généralement de 25° au minimum, elles dégagent donc dans les premières heures de leur réfrigération, une quantité de vapeur d'eau relativement considérable, qui produit dans les chambres une buée très forte. Cette buée, fait remonter l'état hygrométrique

au-dessus de la limite que nous avons indiquée, de plus, elle ne peut être condensée dans le frigorigère instantanément et elle se condense en partie, sur les viandes introduites les jours précédents et déjà refroidies; l'eau ruisselle alors sur celles-ci, en compromettant leur conservation, et en les rendant poisseuses, ce qui les déprécie considérablement.

Pour éviter ces inconvénients, on fait séjourner les viandes pendant 24 heures dans l'antichambre, qui est une salle froide maintenue entre $+ 6^{\circ}$ et $+ 8^{\circ}$, de sorte que, quand on les introduit dans la chambre de conservation, il n'en résulte aucune perturbation dans l'état de son atmosphère, ni aucun danger pour celles qui y sont emmagasinées depuis un certain temps déjà. Ce refroidissement préalable, est désigné sous le nom de *ressuage*.

Dans les chambres, les quartiers de viande doivent être suspendus, et placés de façon à ce que l'air puisse circuler entr'eux. Il est reconnu que pour une bonne conservation, on ne doit pas emmagasiner plus de 250 kilogrammes au mètre cube.

Viandes congelées.

Les viandes destinées à être congelées, doivent aussi séjourner dans une antichambre, à leur sortie de l'abattoir, pour les mêmes raisons que celles que nous avons exposées pour les viandes réfrigérées.

Elles sont ensuite placées dans une chambre à

— 10° refroidie par ventilation, ou par le système mixte de froid combiné, où elles restent jusqu'à ce qu'elles soient congelées à cœur, résultat qui est atteint après un temps variable, suivant la grosseur des morceaux mis à congeler, qui ne dépasse pas 5 à 6 jours.

Les viandes une fois congelées, sont placées dans la chambre de conservation, dont la température est maintenue à — 5°. Les systèmes de réfrigération employés, sont le système de froid combiné, ou le système par rayonnement. Dans le cas où on emploie ce dernier, il faut prévoir un dispositif permettant le changement de l'air de la chambre, à intervalles réguliers, pour éviter le développement des moisissures, qui ne sauraient être évitées, même à cette température de — 5°, dans un air stagnant et non renouvelé.

Du reste, le renouvellement de l'air des chambres de conservation est nécessaire pour éviter les mauvaises odeurs et les moisissures, aussi bien pour les viandes réfrigérées que pour les viandes congelées, il est toujours imposé aux constructeurs, par les cahiers de charge de construction des frigorifiques d'abattoirs.

Dans les chambres de congélation, les morceaux à congeler doivent être placés comme dans celles de réfrigération, de façon à ce que l'air puisse circuler autour de chacun d'eux.

Dans les chambres de conservation de la viande congelée, on peut empiler les morceaux sur plusieurs rangs, mais en ayant soin de les séparer les uns des autres au moyen de tasseaux ou de

claires en bois, toujours pour permettre à l'air de circuler partout, particulièrement au moment où on le renouvelle dans les chambres.

La viande congelée, pour être vendue dans de bonnes conditions, exige, de plus, une chambre de décongélation, où celle-ci s'opère lentement, et sans condensation de vapeur d'eau sur la viande.

La chambre de décongélation, devra donc être maintenue par une ventilation énergique, à température plus ou moins élevée, suivant la rapidité avec laquelle on voudra qu'elle s'opère, mais sans cependant dépasser $+6^{\circ}$; au besoin, on essuiera la viande avec un linge sec, si on s'aperçoit qu'une condensation se fait à sa surface. Cette question de la décongélation méthodique est très importante, pour que la viande décongelée ait une valeur marchande maximum.

Le temps au bout duquel la décongélation est terminée, peut être mesuré d'une façon très exacte. Nous citerons comme exemple, une mesure de décongélation qui a été effectuée en mai 1912 à l'« Entrepôt Frigorifique des Halles », à la Bourse de Commerce de Paris.

Le morceau mis en expérience, était une cuisse de bœuf de Madagascar, dont le poids était de 21^k, 9.

L'appareil employé pour mesurer la vitesse de décongélation, était un couple thermo-électrique enregistreur, de la « Compagnie pour la Fabrication des Compteurs, et Matériel d'usines à Gaz ».

Il se compose d'une sonde formée de deux métaux différents, dont la soudure se trouve à la

pointe, le manche de la sonde est relié à une autre soudure placée dans la glace fondante, pour être à température constante. Un galvanomètre enregistreur donne la courbe des températures directement.

La courbe obtenue, a été celle de la fig. 65.

La température de la chambre pendant toute la durée de l'essai, a été de $+ 6^{\circ}$ en moyenne.

On voit qu'il a fallu 4 jours, pour que la viande soit à 0° dans toute son épaisseur (la sonde était enfoncée de 13 centimètres dans la viande).

La durée de la conservation de la viande après sa décongélation, a fait l'objet de bien des discussions. Une opinion s'est établie, qui prétend que cette viande se putréfie rapidement, et doit être consommée aussitôt décongelée. Nous avons vu que les expériences de Gautier ont réduit à néant cette théorie, qui ne reposait du reste sur aucun fait précis.

Nous croyons devoir revenir sur ce point, parce que, malgré le travail de Gautier, il donne lieu encore à certaines controverses, dues à la façon d'interpréter ou de comprendre ses expériences. Ce savant, conclut, pour la viande de bœuf, par exemple, que la viande fraîche se conserve un peu mieux que la viande frigorifiée, mais il faut remarquer que les morceaux mis en expérience, étaient tous à la température ambiante de 12° à 18° , on n'a pas compté à l'actif de la viande frigorifiée, le temps qui s'est écoulé entre le moment

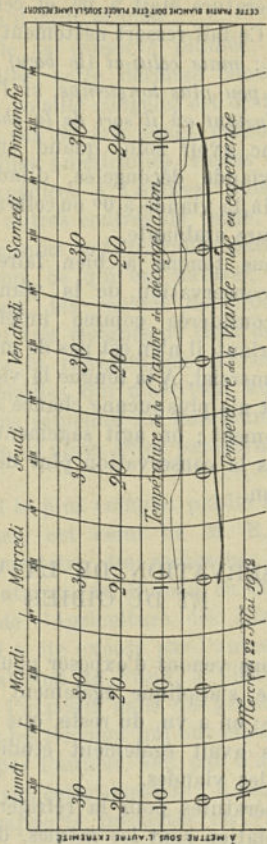


Fig. 65. — Courbe de la durée de décongélation de la viande.

où sa température était à 0°, et celui où elle a atteint 12°. Ce fait ressort nettement de la phrase de l'auteur : *mais celui-ci (le bœuf frigorifié) se conserve un peu plus longtemps, si l'on compte à partir de l'instant où il sort de la chambre froide.* Il faut donc avoir soin, quand on emploie le terme de viande décongelée, d'indiquer si on entend par là, la viande à 0° ou celle ayant atteint la température ambiante.

Enfin, nous tenons à bien faire remarquer, que si la conservation de la viande congelée, peut être considérée comme indéfinie, chimiquement parlant, il n'en est pas de même au point de vue commercial. A la longue la viande perd de sa saveur, et n'a plus aucune chance d'être vendue avantageusement ; on agit sagement en ne prolongeant pas la conservation plus de 8 à 9 mois au maximum.

III. CONSERVATION DE LA VOLAILLE ET DU GIBIER

Ce que nous venons d'exposer pour les viandes de boucherie, s'applique également à la volaille et au gibier ; on a vu, du reste, que le professeur Gautier, les avait également étudiés dans son travail sur les viandes.

Les températures pour la réfrigération simple ou la congélation sont les mêmes, de même que les systèmes de production du froid employés.

Il existe en plus, d'autres facteurs influant sur

les résultats obtenus, qui ont une grande importance, et qu'il faut étudier.

La volaille se conserve plumée, et généralement emballée; cette dernière condition résulte de ce que la volaille congelée est destinée à voyager, parfois sur de très longs parcours. C'est le cas des volailles américaines, russes ou chinoises, qui sont expédiées à Londres, puis, de là, sur Paris et les autres centres de vente.

Les Américains ont travaillé particulièrement cette question, ce qui est naturel, étant donné que chez eux, les centres de production sont généralement très éloignés de ceux de consommation, et que la réfrigération est une nécessité, pour des volailles qui n'arrivent au consommateur que trois semaines au minimum après avoir été sacrifiées, et après avoir parcouru 1500 à 1800 kilomètres.

Le travail le plus complet publié dans ces dernières années, est celui de M. E. Pennington, chef du laboratoire des recherches sur les matières alimentaires, au Bureau de chimie du département de l'Agriculture des Etats-Unis.

Ce travail a été exposé par l'auteur au 2^e Congrès international du Froid, à Vienne, en 1910; nous allons l'exposer dans ses grandes lignes. Il résume tous les travaux qui ont été faits en Amérique, soit par l'auteur, soit par d'autres expérimentateurs sur cette question; il résume, notamment, les rapports présentés en 1908 au Congrès de « l'Association américaine pour l'avancement de la Science ».

Les différents chimistes qui ont étudié l'influence du froid sur la volaille qui y est soumise, ont examiné les points suivants :

Changements dans les matières azotées de la viande.

Changements dans les graisses.

Influences des différentes méthodes de préparation des volailles avant leur réfrigération ; de leurs modes d'emballage ; de la façon dont est réalisée la décongélation etc...

Wiley et Pennington ont fait des expériences, qui ont porté sur des poulets dont on connaissait l'histoire : « tués, préparés et entreposés dans des conditions connues, et examinés à intervalles d'un mois pendant une année », et sur des volailles achetées au marché, et dont, par conséquent, on ignorait les antécédents.

Par comparaison, on a étudié également « le muscle des oiseaux détérioré à des températures supérieures à la congélation ». On a trouvé ainsi : « une série de variations post-mortem caractéristiques dans la structure, qui différenciaient de celles qui régnaient dans le muscle à des températures au-dessus de point de congélation, et qui étaient progressives ». Ces variations étaient plus prononcées chez les volailles achetées au marché que chez les autres, ce qui est naturel, étant donné que pour les premières, on n'avait pas pris les mêmes précautions pour les préparer avant leur entrée au frigorifique ; ces changements plus accusés, provenaient soit d'actions microbiennes résultant du développement

d'organismes ayant envahi les volailles pendant le temps s'étant écoulé depuis leur mort jusqu'à leur mise en expérience, soit d'actions diastasiques provoquées de la même façon.

Les échantillons, examinés au point de vue chimique ou histologique, étaient dégelés à l'air froid pendant au moins 24 heures (expériences de Wiley, et ses collaborateurs). Les expériences ont porté sur des poulets achetés au marché, ou préparés spécialement, et maintenus au frigorifique pendant 14, 17 et 24 mois pour les premiers et 4 mois pour les seconds. La température de conservation était -10° .

Emmet et Grindley, firent des essais sur les mêmes points que Pennington et Wiley, mais par des moyens différents, moins perfectionnés que ceux de ces derniers.

Dans son rapport, Pennington résume les résultats des divers expérimentateurs dans le tableau que nous donnons ci-contre ; puis il conclut :

« Les résultats de l'étude de la distribution des
« diverses formes d'azote protéique, surtout dé-
« montrée par l'étude des poulets d'antécédents
« connus, plumés à sec, refroidis à l'air frais et
« mis dans un frigorifique puissant vingt-quatre
« heures après la mort, indiqueraient que les
« variations protéolytiques se produisent, bien
« qu'elles ne suivent pas le cours usuel observé
« dans les variations se présentant dans la viande,
« au-dessus de la température de congélation.
« Par exemple, la protéine soluble dans l'eau dé-
« croît en général après un long entreposage ;

*Moyenne des constituants azotés du muscle de poulet
(exprimés en p. 100 de l'azote total présent)*

Matière analysée	Az. total	Az. total soluble dans l'eau	Az. coagulé de l'extrait aqueux	Albumine	Peptone (par différence)	Az. sous forme d'ac. amidés
<i>Poulet frais</i> blanc et partie charnue mélangés (Emmett et Grindley)	3,265	18,28	6,49	0,673	0,673	11,12
<i>Poulet frais</i> (7 analyses, Pennington).	3,900	24,88	11,01	0,624	4,63	8,44
Les blancs	3,570	18,05	8,04	0,558	2,16	7,21
La partie charnue.						
<i>Poulet conservé</i> (4 mois) blancs et partie charnue mélangés (2 analyses, Emmett et Grindley)	2,970	16,62	5,99	0,522	0,522	10,07
<i>Poulet conservé</i> (4 mois, 12 analyses, Pennington).	3,970	24,73	10,77	0,733	4,37	8,95
Les blancs	3,640	20,54	9,87	0,990	2,55	7,24
La partie charnue.						
<i>Poulet conservé</i> (21 mois), blancs et partie charnue mélangés (Emmett et Grindley)	3,356	22,47	9,95	0,894	0,894	11,62
<i>Poulet conservé</i> (temps inconnu), blancs et partie charnue mélangés (Emmett et Grindley).	3,433	21,62	8,91	1,165	1,165	11,53

« l'azote sous forme de protéine soluble à l'eau
 « et coagulable par la chaleur décroît aussi ;
 « l'albumine peut rester constante en quantité,
 « même après plusieurs mois de conservation,
 « tandis que la peptone décroît, et les corps amidés
 « croissent. C'est surtout remarquable dans la
 « viande blanche ; les changements de la viande
 « rouge, bien que les mêmes dans leur essence,
 « sont rarement aussi prononcés et approchent
 « en général plus près des changements usuels
 « de la viande au point de vue protéolytique ».

Enfin, Richardson, et Pennington et Wiley, ont constaté que la volaille conservée par le froid, présente toujours une teneur importante en azote ammoniacal. Il y a tout lieu de croire que ce dernier fait est dû à des influences microbiennes, certaines bactéries se développant dans la volaille même aux températures de congélation.

Pennington a, du reste, montré l'existence de bactéries sur les volailles, « 24 heures après la mort, même avec un refroidissement soigneux et rapide. Donc, conclut-il, les volailles ne sont pas stérilisées quand elles entrent dans le frigorifique, quoique la promptitude, le soin et la propreté puissent réduire le nombre des organismes au minimum ? »

Au point de vue des changements que la réfrigération fait subir à la graisse des volailles, Pennington cite d'abord deux essais de Richardson, où celui-ci : « obtenait une élévation de la teneur en acides gras libres, même après 4 mois de

« conservation ». Il avait trouvé que la graisse des volailles fraîches contenant 0,20 0/0 d'acides gras libres, au bout de quatre mois et demi la teneur en acides varie de 0,40 à 0,56 0/0 ; et, après 19 mois : de 0,48 à 0,96 0/0. Wiley et Pennington ont obtenu des résultats concordants avec ceux de Richardon, et Pennington et Hepburn ont observé que la proportion d'acides gras libres tendait à augmenter avec la longueur de la période de conservation.

Ils ont établi le tableau de la page 287.

Ce fait suffit à lui seul, pour expliquer, ce qui est reconnu par la pratique, qu'on ne peut compter conserver plus de 9 mois au maximum une volaille congelée, si on veut qu'elle ait encore toute sa valeur marchande.

Relativement à l'influence des différentes façons de préparer la volaille destinée à la congélation, de nombreuses observations ont été faites sur des points très différents.

Boos en 1908, publia ses recherches sur l'influence de la façon dont les volailles avaient été saignées : « Les volailles saignées et non saignées conservées par le froid étaient réchauffées à 68° F (20° C), et gardées à cette température pendant 6 jours. Les oiseaux non saignés se conservaient mieux que les saignés ». Le même auteur avait obtenu un résultat négatif, dans la recherche des ptomaines.

Echantillon	Acidité	Echantillon	Acidité
Poulets de grill, réfrigérés à l'air, après 48 heures.	0,95	Poulets de grill, réfrigérés à l'eau, emballés à la glace, après 48 heures	0,88
Même lot après 4 jours, à 0° C	2,40	Même lot après 4 jours dans la glace	4,57
Même lot après 12 jours	4,74	Même lot après 7 jours dans la glace	4,71
Volailles, réfrigérées à l'air, 8 jours, à 0° C.	1,65	Volailles, réfrigérées à l'eau, emballées dans la glace, 8 jours.	8,55
Même lot après 12 jours	2,41	Même lot, 10 jours dans la glace pilée	8,86
Volailles gardées 3 jours à 32° F	0,80	Volailles gardées 3 jours dans la glace	2,20
Même lot, après 6 jours	1,41	Même lot, gardés 6 jours dans la glace	2,70

Au point de vue commercial, Pennington conclut également que la saignée a une très grande influence sur la valeur marchande de la volaille, que celles qui sont incomplètement saignées, ont un aspect et une saveur inférieurs à ceux de celles qui sont bien saignées, et subissent de ce fait une dépréciation notable.

L'auteur, a comparé également les résultats obtenus par différentes façons de plumer. Il a examiné des poulets qui aussitôt après avoir été plumés avaient été plongés dans de l'eau glacée pour être refroidis plus vite, d'autres qui avaient été échaudés pour être plumés, et, enfin, une troisième catégorie, qui avaient été plumés à sec et introduits aussitôt dans le frigorifique, et, par conséquent, refroidis à sec également. Les conclusions sont celles qu'il était facile de prévoir, à savoir, que les deux premières méthodes sont mauvaises et doivent être rejetées. En effet, le fait de tremper le poulet dans l'eau pour le refroidir, ou de l'échauder pour le plumer, imprègne d'humidité la peau, et favorise le développement des bactéries, et par suite, la putréfaction, de telle sorte qu'au bout d'un mois, malgré la basse température maintenue dans le frigorifique, les poulets ainsi mouillés se corrompent.

L'emballage joue également un rôle important, parce que les poulets destinés à être expédiés au loin, sont généralement congelés tout emballés. On les emballait autrefois dans des caisses de grandes dimensions, dans lesquelles ils étaient disposés sur plusieurs lits superposés,

aujourd'hui, la plupart des expéditeurs abandonnent ces emballages, et on ne se sert presque plus que de petites caisses ne contenant qu'un seul lit de 12 poulets. Les poulets sont enveloppés dans du papier parchemin, pour éviter le contact direct de la chair entre les pièces voisines ; ce contact gêne en effet, la congélation. On a préconisé les caisses à claire-voie, comme facilitant la circulation de l'air autour des pièces, mais, par contre, elles favorisent leur dessèchement, et on n'emploie plus aujourd'hui que des caisses pleines et hermétiques, où la volaille conserve mieux son aspect et sa saveur.

On empile souvent les caisses à congeler, les unes sur les autres, M. Pennington trouve ce système mauvais, et préconise celui qui consiste à placer les caisses les unes sur les autres, inclinées sur une ligne horizontale, comme l'indique la figure (*fig. 66*).

Dans le cas où les poulets ne sont pas congelés tout emballés, ils sont disposés sur des étagères les uns à côté des autres, de façon à ce que l'air circule bien autour de chaque pièce. Pour se rendre compte de la température intérieure du poulet, il suffit d'introduire aussi profondément que possible, un thermomètre dans le cloaque.

M. Pennington, préconise également une anti-chambre comme pour la viande de boucherie, de façon à éviter l'élévation du degré hygrométrique dans les salles de conservation, et la condensation qui en résulte, sur les pièces déjà refroidies.

Pour la décongélation, il s'élève également

contre le procédé qui consiste à l'opérer en plongeant les poulets dans un seau d'eau ; il conseille, avec juste raison, le séjour de 24 heures dans une glacière ou une chambre à même température, c'est-à-dire à $+ 5^{\circ}$ environ avec courant d'air sec.

En France, un certain nombre de commerçants ont voulu aménager une chambre de décongélation, au moyen d'un ventilateur, amenant un courant d'air sur les pièces à décongeler, sans avoir d'installation frigorifique. En opérant de



Fig. 66.

la sorte, on a le grave inconvénient, de produire une condensation abondante sur la volaille soumise à ce traitement ; quand on veut décongeler ainsi avec l'air extérieur, il faut avant de l'envoyer sur les poulets, le faire passer sur de la glace, où il abandonne son humidité.

Enfin, M. Pennington, recommande comme système de réfrigération, d'employer des batteries de circulation de liquide incongelable, placées parallèlement au mur, et, pour assurer une température égale dans toute la pièce, de placer un ventilateur au plafond. Sur ce point, nous ne voyons pas les avantages de ce système, comparé au système de réfrigération mixte, tel qu'on le pratique en France, où un frigorifère assure la ventilation de la chambre, et régularise la tempé-

rature en tous ses points. De même, dans son rapport, il indique comme température de conservation -10° C; or, en France, on maintient la température à -5° , et les résultats obtenus pour la conservation sont excellents, il n'y a donc pas lieu de la maintenir plus bas.

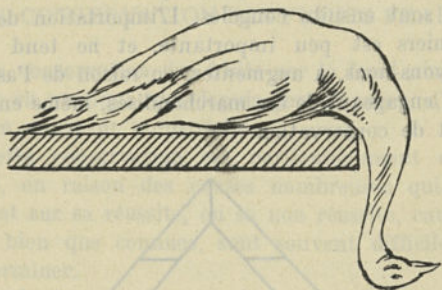


Fig. 67.

A part ces réserves, on a pu voir que le rapport de M. Pennington présente un très grand intérêt, par les conclusions précises, résultant des travaux qui y sont exposés; c'est pourquoi nous avons tenu à le résumer.

Ce rapport contient encore des considérations sur le transport des volailles, et l'aménagement des maisons de vente au détail, sur lesquels nous reviendrons particulièrement, quand nous traiterons les transports frigorifiques.

Pour le gibier, on peut dire que les principes à appliquer sont les mêmes que pour la viande quand il s'agit de gibier de poil, et pour la volaille, quand il s'agit de gibier de plume.

L'Australie exporte chaque année des quantités énormes de lièvres et de lapins congelés ; la plus grande partie de ces animaux, tout en étant vidés, sont congelés avec le poil, ce qui conserve à la viande son aspect normal ; cependant, on prépare également des lapins dépouillés et découpés, qui sont ensuite congelés. L'importation de ces derniers est peu importante, et ne tend pas, croyons-nous, à augmenter, en raison de l'aspect peu engageant de ces marchandises, même en bon état de conservation.

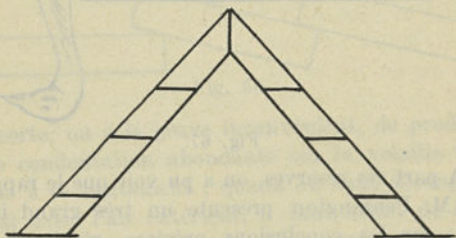


Fig 68.

Le gibier à plume se conserve non plumé, ce qui l'empêche de se dessécher, et lui maintient son aspect normal quand on le prépare pour la cuisson.

Les grosses pièces : sangliers, cerfs, daims, etc..., se conservent soit tout entières, soit découpées par quartiers, mais toujours avec la peau.

Pour la décongélation de la volaille ou du gibier à plume, nous citerons un dispositif dont ne parle pas l'auteur américain, dans son rapport.

On place les poulets sur des étagères disposées comme le montre les fig. 67 et 68 de telle sorte que le sang qui goutte toujours plus ou moins par le bec, pendant cette opération, ne puisse tomber sur les pièces d'un étage inférieur, et les salir.

IV. CONSERVATION DES FRUITS FRAIS

La conservation des fruits par le froid n'a été mise en pratique que depuis peu d'années, d'une façon vraiment industrielle.

Cette conservation est particulièrement délicate, en raison des causes nombreuses qui influent sur sa réussite, ou sa non réussite, causes, qui bien que connues, sont souvent difficiles à déterminer.

Le fruit n'est plus, en effet, un produit comme la viande, dont la conservation peut être réglée quelle que soit son origine, par des principes identiques. C'est un être vivant qui se transforme, et dont la conservation a pour but de suspendre la transformation pendant un temps plus ou moins long suivant les cas, de telle sorte que celle-ci se poursuive normalement, aussitôt qu'on aura fait cesser l'action retardatrice.

Il ne faut pas seulement que le fruit soit bien conservé au point de son aspect extérieur, il faut encore qu'au moment où on le dégustera, il présente toutes les qualités d'arôme et de saveur d'un fruit mûr à point, et qu'il ne soit pas *passé*.

Ces diverses conditions à réaliser rendent le problème particulièrement difficile, et il n'a été,

disons-le de suite, pleinement résolu encore, que pour certaines espèces.

Il faut, en effet, que la température soit suffisamment basse pour arrêter le processus de la maturation, et qu'elle n'atteigne pas un degré où les fruits courraient le risque de geler ; cette température ne peut donc être inférieure à 0°.

D'un autre côté, le degré hygrométrique de la chambre de conservation ne devra pas être trop bas, pour ne pas amener une évaporation trop active, qui produirait le flétrissement des fruits conservés ; il ne devra pas non plus être trop élevé, pour ne pas faciliter le développement des moisissures.

On s'est rapidement aperçu, que tout en suivant strictement les principes que nous venons de poser dans la conservation par le froid, on n'arrivait qu'à de médiocres résultats si on négligeait certaines précautions, qui ont une importance capitale.

Nous allons exposer les conditions qui donnent les meilleurs résultats pour les poires et les pommes qui sont des fruits dont la conservation est courante aujourd'hui, et se fait sur une grande échelle.

Il faut, avant tout, que les fruits, destinés à la conservation, soient absolument sains, et exempts de toute tare. Quelque soient, en effet, les précautions prises pendant la durée de l'emmagasinement en chambres froides, un fruit taché ne se conservera jamais, et sera tôt ou tard envahi par

les moisissures. De plus, à son contact les autres fruits se contamineront et moisiront également. Il faut également écarter les fruits froissés ou présentant une déchirure quelconque sur leur peau, car c'est par ces points endommagés, que les moisissures les envahiront.

Pour réaliser ces conditions, il faut, non seulement trier les fruits avant de les emmagasiner, mais, si on veut ne pas avoir un trop fort déchet au triage, les cueillir avec le plus grand soin, pour éviter toute meurtrissure. Certains spécialistes n'opèrent la cueillette qu'avec des gants.

Il faut également remarquer que si on cueille le fruit arrivé à sa maturité, la conservation ne pourra donner que de mauvais résultats. Dans ce cas, en effet, il est impossible d'arrêter le processus de la maturation, et malgré la température de la chambre de conservation, le fruit continuera à mûrir très lentement, et sera passé lorsqu'on le sortira ; s'il n'est pas arrivé absolument à ce point, il en sera du moins tellement rapproché, qu'aussitôt sorti il l'atteindra et par le fait, n'aura plus aucune valeur. Il est donc nécessaire d'opérer la cueillette avant la maturité du fruit ; le moment opportun varie avec les différents fruits et les diverses espèces, et la pratique seule, peut donner des renseignements précis sur ce point.

On est arrivé actuellement à conserver d'une façon parfaite certaines espèces, ce sont pour les poires : la *Passe-Crassane*, et la *doynné du Comice*, et pour les pommes : la *Calville*. Il est certain que l'on arrivera à d'aussi bons résultats

pour d'autres espèces, c'est du reste ce qui se passe à l'étranger, au Canada, aux Etats-Unis, en Australie, mais ce ne sera qu'après avoir étudié avec beaucoup de soin les conditions à réaliser pour ces espèces. Il faut, en effet, remarquer que de nombreuses conditions influent sur les résultats obtenus ; en dehors de l'espèce elle-même du fruit, il faut tenir compte du terrain dans lequel il a été récolté, des conditions climatiques de l'année : les fruits récoltés pendant les années pluvieuses, ne présentant pas les mêmes propriétés que ceux récoltés pendant les années de sécheresse, etc...

Une question d'une importance extrême également, est celle de l'emballage des fruits.

Les fruits sont conservés généralement tout emballés, et la façon dont ils le sont joue un grand rôle dans les résultats obtenus. Ils doivent être enveloppés dans du papier de soie, et séparés les uns des autres par des papillotes de papier de soie non imprimé. Il faut absolument proscrire la fibre de bois qui n'absorbe pas l'humidité comme le papier, et risque d'écorcher la peau des fruits, et par conséquent, d'ouvrir la porte aux moisissures. Certains conservateurs emploient des caisses hermétiques, d'autres des caisses à claire-voie, d'autres encore des paniers en osier.

Les caisses hermétiques ont l'avantage de protéger très bien les fruits contre l'évaporation, mais aussi, empêchent l'action du froid d'être aussi efficace et il y a toujours un écart entre la température à l'intérieur de la caisse, et celle de

la chambre, si ce n'est au bout d'un temps d'entreposage assez long.

Les caisses à claire-voie favorisent davantage l'action du froid, l'air pénétrant par leurs ouvertures, et pouvant par suite, mieux atteindre les fruits ; mais, d'autre part, elles favorisent par cela même l'évaporation et le flétrissement qui en résulte.

Les meilleurs résultats sont obtenus en refroidissant d'abord les fruits en les plaçant soit sur des étagères, soit dans des caisses à claire-voie, et en les emballant ensuite dans des caisses hermétiques. En opérant de la sorte, on augmente la durée de leur conservation, sans avoir à redouter un flétrissement prématuré.

Au Canada, où on conserve des quantités considérables de pommes, on les conserve empilées et serrées dans des tonneaux, leur peu de valeur rend peu sensible le déchet pouvant résulter de cette façon de procéder, et ne permet pas un emballage plus soigné.

On conserve également les fruits non emballés, placés sur des étagères. L'avantage de cette méthode est la surveillance plus facile de chaque fruit pendant toute la durée de sa conservation, mais comme il se trouve exposé davantage à l'évaporation, cette durée se trouve réduite.

Enfin, pour certains fruits très délicats, comme les pêches, on emploie comme emballage l'ouate.

Ce que nous venons d'exposer, montre donc qu'en dehors des conditions dans lesquelles on

devra maintenir les fruits dans la chambre froide, il faut pour avoir de bons résultats :

1° Ne choisir que des fruits absolument sains, exempts de toute tare.

2° Ne pas mettre en chambre froide des fruits arrivés à maturité, mais, au contraire, des fruits qui au sortir de cette chambre devront être gardés encore plusieurs jours (de 8 à 12) à la température ordinaire, pour être complètement mûrs.

3° Emballer les fruits avec beaucoup de soin, de façon à éviter tout contact entr'eux, et tout froissement de la peau.

Ces conditions remplies, il faut maintenir dans la chambre froide, la température et le degré hygrométrique voulus, pour obtenir une bonne conservation.

Comme température, en règle générale, on obtient les meilleurs résultats, en maintenant 0°, d'une façon absolument constante. Les variations sont extrêmement préjudiciables pour la bonne conservation, et la constance est une condition absolue du succès. Cette température de 0° est celle qui convient à presque tous les fruits, aux poires et aux pommes particulièrement, et les indications contraires données par différents auteurs, sont ou fantaisistes, ou le résultat d'essais incomplets, particulièrement comme durée. A cette température de 0° on conserve les poires et les pommes non seulement 3 ou 4 mois, mais de 8 à 10 mois. Il est évident que plus la conservation est longue, plus elle est difficile, et on ne peut, à partir de 6 mois, éviter un certain dé-

chet, qui peut être insignifiant, si on a soin de vérifier les fruits à intervalles réguliers, de façon à opérer un triage, et à faire partir ceux que l'on juge comme ne pouvant rester plus longtemps, sans risquer de diminuer de valeur.

Au point de vue du degré hygrométrique, il est extraordinaire de voir avec quelle facilité, la plupart des auteurs qui ont traité de la conservation des fruits, se sont contentés d'indiquer des chiffres tout à fait erronés, sans prendre la précaution élémentaire de vérifier leur valeur. C'est ainsi qu'on donne couramment comme limite 50 0/0 à 65 0/0. Ces chiffres sont beaucoup trop faibles, et pour avoir une bonne conservation, et éviter le flétrissement des fruits, il faut maintenir un degré hygrométrique de 75 0/0 à 90 0/0.

Pour les pêches, la température la meilleure est de + 2° à + 4°, on évite ainsi la détérioration plus ou moins grande de la peau qu'une température plus voisine de 0°, provoque toujours. La durée pratique de conservation de la pêche, ne dépasse pas 6 semaines ; au delà de cette limite, les fruits ont toujours très bel aspect, mais ils perdent rapidement leur parfum, et leur conservation ne présente plus d'intérêt commercial.

Les prunes se conservent bien pendant un temps assez court, 1 mois environ ; cependant les prunes provenant du Cap se conservent encore bien 3 semaines environ, après leur arrivée sur les marchés français.

Certaines espèces de prunes, les mirabelles en particulier, supportent des températures infé-

rieures à 0°, —1° ou —2°, sans être abimées pendant quelques jours. Nous ne pouvons sur ce point, indiquer si ces fruits supporteraient cette température pendant longtemps, aucun essai n'ayant été fait dans ce sens.

Enfin parmi les fruits exotiques que l'on peut être appelé à recevoir dans les entrepôts frigorifiques, la banane occupe une place à part. C'est un fruit dont l'importation a augmenté dans des proportions considérables depuis quelques années, et dont le commerce exige la disposition de vastes magasins.

La banane, suivant sa provenance, arrive en vrac ou emballée ; c'est de cette dernière façon qu'on la reçoit généralement à Paris. Les régimes emballés, sont renfermés dans des caisses à claire-voie ; chaque caisse contient 1 ou 2 régimes.

Pendant l'été, par suite du processus de la maturation, la température s'élève rapidement dans les colis, et si le froid n'intervient pas rapidement, en quelques heures, le régime est trop avancé. On doit donc, si la maturation est ainsi commencée, ce qu'on exprime en pratique, en disant que le régime est « tournant », déboucher le régime à chaque extrémité de la caisse, pour permettre à l'air froid de pénétrer ; s'il s'agit de régimes encore verts il est inutile de les déboucher.

La température doit être maintenue de + 8° à + 12°, suivant l'état des régimes, et le temps que l'on veut les conserver.

En aucun cas, il ne faut baisser la température au-dessous de $+ 8^{\circ}$, les résultats que l'on obtiendrait en agissant autrement seraient absolument mauvais. En maintenant les régimes à $+ 5^{\circ}$, à la sortie de la chambre froide leur aspect est absolument normal, mais au bout de 24 heures il n'en est plus de même, l'écorce au lieu de rester jaune devient gris terne, et en l'enlevant pour prendre le fruit, ce dernier, au lieu de sa couleur naturelle présente une teinte noirâtre, il a, de plus, perdu son parfum. Enfin, si l'action du froid a été particulièrement brutale sur des régimes verts, ceux-ci, sortis de la chambre froide ne mûrissent plus normalement, et, quand ils jaunissent les fruits réduits en bouillie ne peuvent plus s'éplucher, et ont perdu tout arôme, et toute valeur commerciale.

On ne saurait trop recommander pour tous les fruits, de les surveiller avec beaucoup de soin pendant tout le temps de leur conservation, de façon à les trier continuellement, et à ne laisser en magasin que ceux en parfait état.

Enfin tout ce que nous avons dit a dû faire comprendre qu'il ne faut pas vouloir se livrer à la conservation des fruits, avec ceux que l'on peut acheter sur les marchés, et dont par suite, on ignore absolument l'origine. Les commerçants qui réussissent cette industrie le doivent en grande partie à ce qu'ils achètent des récoltes chez les producteurs, et procèdent eux-mêmes à la cueillette et à l'emballage.

Depuis quelques années, on s'est occupé d'une

méthode nouvelle d'action du froid sur les fruits, dite : *pré-réfrigération*, et qui a pour but de faciliter leur transport sur de longues distances, en les maintenant en bon état, et en réduisant le déchet. Cette méthode a pris naissance aux Etats-Unis, où elle rend de grands services, et a fait l'objet d'un rapport très complet de MM. Stubenrauch et Dennés, au département de l'Agriculture des Etats-Unis d'Amérique, rapport qui a été publié par « l'Industrie Frigorifique » en octobre 1911.

Les auteurs indiquent qu'il existe deux systèmes de pré-réfrigération. Dans l'un, cette opération se fait hors du wagon, dans des chambres froides comme celles d'un entrepôt ordinaire, mais placées aux points d'expédition pour permettre le chargement direct des colis dans les wagons. Dans l'autre, les caisses sont placées dans le wagon sans avoir été refroidies, et, ce dernier une fois chargé, est réfrigéré au moyen d'une installation frigorifique spéciale, placée sur un wagon, et pouvant ainsi être amenée près des wagons à refroidir, sur les quais même d'expédition.

Il existe en Californie centre de production fruitière très important trois installations de pré-réfrigération directe des wagons, et cinq usines de pré-réfrigération avant le chargement.

Bien que les distances sur lesquelles on est appelé à faire voyager les fruits en France, ne soient pas aussi grandes qu'en Amérique, cette méthode pourrait pourtant rendre d'importants services pendant les mois de chaleur, pour les ex-

péditions de fruits de province, destinés aux Halles Centrales de Paris. Le déchet se trouverait certainement diminué.

On a pu voir que nous avons traité cette question de la conservation des fruits frais, en envisageant un but pratique et commercial ; nous pensons, en effet, qu'il est inutile de s'attacher à la conservation de fruits ayant peu de valeur, ou à prolonger la conservation de ceux qui perdent rapidement leurs qualités organoleptiques, en conservant toute leur beauté.

V. CONSERVATION DES FRUITS SECS

La conservation des fruits secs a pour but d'empêcher ceux-ci de se dessécher, de moisir, ou fermenter.

Les pruneaux doivent être conservés entre 0° et $+ 2^{\circ}$, ce qui les empêche de blanchir, et de se dessécher, de sorte que le noyau reste adhérent à la pulpe.

Les amandes, noisettes, noix, cerneaux, pommes et poires sèches, raisins de malaga etc., sont maintenus également entre 0° et $+ 2^{\circ}$.

Les figes se conservent à $- 5^{\circ}$, pour empêcher qu'elles ne fermentent. Elles peuvent se conserver ainsi très bien pendant plus d'une année, lorsqu'elles sont emmagasinées en bon état. Quand les figes ont commencé à fermenter, la congélation ne peut arrêter complètement la fermentation, elle ne peut que la ralentir, mais aussitôt que les figes sont sorties de la chambre froide, elle reprend activement.

Pour tous ces produits, il faut veiller à ce qu'ils ne puissent être mouillés d'une façon quelconque, en particulier, par le dégivrement des batteries de radiation, ce qui provoquerait infailliblement le développement des moisissures.

VI. CONSERVATION DES ŒUFS

La conservation des œufs présente un intérêt considérable étant donné leur valeur alimentaire, et de nombreux procédés ont été imaginés, pour les conserver avec les qualités qu'ils possèdent lorsqu'ils sont à l'état rigoureusement frais. La production des œufs, est, en effet, essentiellement variable pendant les différentes parties de l'année, et il est du plus haut intérêt, de pouvoir conserver les œufs récoltés pendant la période abondante de la ponte (printemps et été), pour les livrer au commerce pendant les périodes où celles-ci se ralentit (automne et hiver). On a donc essayé de nombreuses méthodes, et aucune n'a donné de meilleurs résultats, que la conservation par le froid, qui est actuellement appliquée sur une grande échelle particulièrement aux Etats-Unis, et en Allemagne.

Le problème est extrêmement difficile à résoudre. L'œuf est composé de deux parties principales le blanc et le jaune, enfermées dans une coquille. Cette coquille n'est pas une enveloppe imperméable, mais au contraire est essentiellement poreuse, et se prête particulièrement bien aux échanges gazeux, et par suite, permet

une évaporation active, lorsque l'œuf est placé dans un milieu dont la pression ou l'état hygrométrique sont trop faibles, ce qui lui donne les qualités caractéristiques des œufs vieux ou conservés.

Ce que nous venons de dire permet déjà de comprendre que l'état hygrométrique des chambres de conservation, joue un rôle aussi important que leur température, pour l'obtention de bons résultats. Et il faut que cet état soit réglé avec grand soin, car si l'atmosphère est trop humide, les œufs moisissent très rapidement sur la coquille, et en peu de temps, les moisissures la traversent et attaquent l'intérieur, qui, avant même d'être gâté, prend un goût désagréable qui leur retire leur valeur.

Les difficultés, on le voit, sont grandes pour arriver à un bon résultat, et de nombreux expérimentateurs ont cherché à déterminer la méthode la plus sûre pour atteindre le but cherché. Disons de suite que malgré ces recherches, on n'est pas encore arrivé, sauf peut-être avec la méthode Lescardé, dans laquelle le froid n'intervient pas seul, au résultat désiré, qui est d'obtenir des œufs présentant tous les caractères des œufs frais, et pouvant être vendus pour être consommés comme tels, au bout de 8 à 10 mois de conservation.

Les œufs frais se reconnaissent à certains caractères physiques et chimiques, qu'il est utile de connaître pour s'occuper de cette question, et que nous allons brièvement exposer.

Les caractères physiques sont déterminés par

l'opération comme sous le nom de *Mirage*. Cette opération consiste à examiner l'œuf en le plaçant dans un endroit sombre, entre une source lumineuse, et l'œil de l'observateur.

Si l'œuf est frais, la lumière le traverse uniformément, et il présente une teinte légèrement rosée, le jaune semble transparent ; la chambre à air doit être très petite, à peine visible.

L'œuf vieillissant, sa transparence diminue, et le jaune particulièrement, forme une tache plus sombre ; la chambre à air augmente de dimensions. Enfin, l'œuf étant très vieux, (plusieurs mois), le jaune adhère à la coquille (œufs tachés), n'est presque plus transparent, et la chambre à air augmente considérablement, jusqu'à avoir le diamètre d'une pièce de 2 francs ; le blanc lui-même a perdu de sa transparence.

Dans un œuf frais, on ne doit jamais voir de taches sombres intérieurement ; celles-ci indiquent des colonies microbiennes.

Les caractères chimiques de l'œuf, bien connus à l'état de fraîcheur, le sont moins à l'état de conservation ; ils sont du reste très variables.

Cook (Rapport de Pennington déjà cité) aux Etats-Unis, a fait certaines observations sur ce sujet, il a trouvé que la teneur en eau des œufs conservés augmentait à la fois dans le blanc et le jaune. Il a trouvé également une augmentation des protéines et peptones, et une diminution de l'azote coagulable et des amines. Enfin, il a noté une diminution du phosphore de la lécithine, après 3 mois de conservation.

Pennington note également dans son rapport, que Howard et Read ont observé des cristaux caractéristiques en forme de rosette (?) dans des jaunes d'œufs conservés 12 mois.

Au point de vue bactériologique, les œufs ont toujours une teneur assez forte en germes, qui existent soit à l'intérieur, soit sur la coquille, ce sont ces germes, qui, en se développant, donnent les taches sombres que l'on remarque au mirage. Ce sont des actions diastasiques de ces germes, qui produisent la liquéfaction du blanc, qui se manifeste au bout d'un certain temps de conservation. Ce caractère se reconnaît facilement, en cassant un œuf sur une assiette plate, et en examinant la façon dont il s'étale.

On voit par cet exposé, que pour conserver des œufs dans les meilleures conditions on devra :

1° Les maintenir à une température aussi basse que possible, pour empêcher le développement des germes qui entraînent leur putréfaction.

Cette température, ne devra pas être si basse qu'elle cause le gel des œufs.

La température qui répond le mieux à ces conditions est celle de 0°, on devra la maintenir la plus constante possible.

Les Américains (Pennington) prétendent que les œufs pondus par des poules dont la nourriture est particulièrement soignée, supportent la température de — 2°.

2° Maintenir un état hygrométrique aussi élevé que possible, pour réduire au minimum l'évaporation. D'un autre côté éviter la produc-

tion des moisissures par un excès d'humidité.

La pratique a démontré que l'état hygrométrique le plus favorable, pour une température de 0°, est de 80 0/0.

Sur ce point, Pennington (*loc. cit*), fait une remarque que nous tenons à signaler ; nous citons le texte même de son rapport.

« En pratique, la croissance d'une moisissure
 « fine, blanche, sur la coquille est un bon indica-
 « teur des conditions hygrométriques. Cette moi-
 « sissure ne pénètre pas dans la coquille, elle est
 « d'un blanc de neige, très délicate et est enlevée
 « par le plus léger contact. Le degré d'humidité
 « qui permet une très légère croissance de ce cham-
 « pignon est favorable pour la conservation des
 « œufs. Une végétation luxuriante de ce champi-
 « gnon signifie trop d'humidité. Son absence con-
 « vient pour indiquer un dessèchement exagéré
 « du contenu de la coquille ».

L'auteur ajoute qu'on est en train d'étudier ce champignon.

Nous avons cité ce passage du rapport de Pennington, en raison de la personnalité de son auteur, mais jusqu'à preuve du contraire, nous considérons des œufs présentant ainsi un développement d'une moisissure quelle qu'elle soit, comme mal conservés, et ils ont certainement subi une modification désavantageuse, de leurs caractères organoleptiques.

3° Pour éviter le développement des moisissures qu'un degré hygrométrique élevé amènerait fatalement, il est nécessaire d'entretenir une ven-

tilation constante dans la chambre de Conservation.

Le froid devra donc être produit par ventilation, au moyen d'un frigorifère sec ou par le système mixte. La société Linde ajoute dans le frigorifère, un petit radiateur à vapeur placé à la sortie, qui réchauffe légèrement l'air refroidi, et le maintient au degré hygrométrique voulu.

D'autres points sont importants, pour obtenir de bons résultats. On doit, comme du reste pour tous les produits que l'on veut conserver avec succès, ne mettre en chambre de conservation, que des œufs reconnus parfaitement frais au mirage, et n'ayant pas plus de 8 à 10 jours de ponte ; on doit également éviter les œufs fêlés, que l'on reconnaît en les « toquant », car pour ces derniers, on risque de voir le blanc se répandre hors de la coquille et salir les voisins, en même temps qu'à l'endroit fendu, on aura un développement certain de moisissures.

On recommande aussi de choisir les œufs pondus en avril ou en mai.

L'emballage des œufs doit être particulièrement soigné, pour éviter la casse ; en France, on les emballe dans de la fibre de bois, et dans de grandes caisses.

Pour éviter que le jaune ne finisse par tomber sur la coquille, et, par suite, la diminution de valeur des œufs, on recommande de retourner les caisses tous les 8 jours environ. C'est là une manutention très grande, pour peu que l'on conserve un chiffre élevé d'œufs, mais elle est con-

sidérée comme nécessaire par tous les spécialistes.

Au Canada, M. Ruddick, indique que l'on conserve les œufs en les plaçant par couches superposées sur des lattes de bois ; pour éviter la production des œufs tachés, sans être obligé de les retourner périodiquement, on les place la pointe en bas. Ce système d'encarrassage est employé avec succès, depuis plusieurs années, par la « Société des Frigorifiques de Bordeaux ». (L'Industrie Frigorifique. Août 1910).

Un point important également est le réchauffement méthodique des œufs, à leur sortie de la chambre froide.

Si on sortait les œufs directement, en les exposant de suite à la température extérieure, sans précaution, on aurait immédiatement sur leur coquille, un abondant dépôt d'humidité, qui empêcherait qu'on puisse les mettre en vente, ou les expédier aussitôt, et qui en même temps les colorerait, et par suite, les déprécierait.

Pour éviter cet inconvénient, on peut, comme l'indique Ruddick, faire passer les œufs dans un certain nombre de chambres successives, dont les températures vont en augmentant progressivement, de façon à ce qu'à la sortie de la dernière, ils aient 8° environ, température qui empêche généralement le dépôt de rosée. Le même auteur indique également qu'on peut sortir les œufs directement de la chambre de conservation, « en les enveloppant de tissus légers, jouant le rôle « utile d'écrans protecteurs ».

M. Lescardé, qui a étudié d'une façon très complète la conservation des œufs, et résumé les résultats de ses travaux dans son ouvrage : « L'Œuf de Poule, sa conservation par le froid », conseille d'employer une installation particulière pour le réchauffement méthodique des œufs sortant des chambres froides. Cette installation se compose d'une chambre ventilée énergiquement par l'air, qui passe d'abord sur une tuyauterie parcourue par un liquide incongelable à basse température, sur laquelle il se dépouille de son humidité, puis réchauffé par son passage sur un radiateur à vapeur de façon à maintenir dans la chambre une température de $+ 8^{\circ}$. Ce système, qui au premier abord, semble coûteux, a l'avantage, comme l'indique son auteur, de permettre un réchauffement rapide, facilitant la prompt exécution des ordres d'expéditions, que le conservateur peut recevoir de ses clients.

En réalisant toutes les conditions que nous venons d'énumérer, on peut, au bout de 4 mois, livrer des œufs encore utilisables pour les usages de la table, et dont un certain nombre peuvent même être consommé à « la coque ». Au delà de cette limite, les œufs ne peuvent plus servir que pour la pâtisserie.

D'après M. Lescardé, les frais de conservation pour mille œufs, varient suivant l'importance des usines et des quantités entreposées, de 0 fr.50 à 0 fr. 83, par 1000 œufs et par mois.

Cette appréciation, comme toutes celles du même genre, pour quelque produit que ce soit,

ne peut s'appliquer à toutes les usines frigorifiques ; les frais varieront dans des proportions considérables suivant les pays, les régions, ou les situations particulières des usines. Ces dernières ont des tarifs essentiellement différents en raison des causes que nous venons d'indiquer, qui font que dans certaines régions, on devra écarter complètement la conservation de denrées ne pouvant supporter des frais d'entreposage trop élevés, alors que ces mêmes denrées pourront être entreposées dans d'excellentes conditions, au point de vue économique, dans d'autres régions.

M. Lescardé a imaginé, et fait breveter, un procédé de conservation reposant sur l'action du froid, combinée avec la création d'une atmosphère artificielle empêchant le développement, non seulement des moisissures, mais encore, des bactéries existant à l'intérieur de l'œuf.

Les œufs sont rangés dans des caisses en fer blanc en contenant 500 chacune, et pouvant être fermées hermétiquement. A l'intérieur, ces caisses sont doublées par des lattes de bois formant caisses à claire-voie, et garantissant les œufs contre les chocs provenant de la manutention des colis ; de même ces derniers sont revêtus extérieurement d'une chape en bois, qui facilite cette manutention.

Une fois les caisses pleines, on place à l'intérieur un peu de chlorure de calcium, qui y maintient une atmosphère sèche et on soude le couvercle, ce dernier porté une ouverture de 5 millimètres de diamètre.

Les caisses remplies et fermées, on les introduit dans un autoclave spécial, dans lequel on fait le vide au moyen d'une pompe ; on aspire ainsi l'air remplissant les caisses, et les chambres à air des œufs, ainsi que celui dissout dans l'albumine. Quand le vide est fait, on fait arriver dans l'autoclave de l'acide carbonique pur qui va remplacer l'air enlevé par la pompe à vide ; un dispositif spécial est prévu, pour empêcher que cet acide arrivant brusquement sur les œufs, ne les détériore par suite de la basse température où sa détente l'amène. On laisse ainsi les œufs pendant un certain temps, sous l'action de l'acide carbonique pur.

L'auteur présente un tableau d'expériences, montrant qu'à la suite de ce traitement, un certain nombre de germes surtout ceux aérobies sont détruits, les autres, étant très affaiblis, et mis dans l'impossibilité de se développer, ce qui est le point essentiel.

Les œufs ne peuvent être conservés dans l'atmosphère d'acide carbonique pur, ce dernier aurait à la longue une mauvaise action sur le blanc. On fait donc un vide partiel dans l'autoclave, pour éliminer un peu d'acide carbonique, que l'on remplace par de l'azote, gaz inerte, qui empêche l'action de l'acide carbonique sur le blanc.

L'atmosphère de conservation ainsi constituée, on ferme par un point de soudure les caisses, et on les emmagasine dans la chambre froide, dont la température doit être maintenue très exactement entre 0° et + 2°. Ici, on n'a plus à se préoc-

cuper du degré hygrométrique ni de la ventilation, on peut donc refroidir les chambres de conservations par rayonnement, au moyen de batteries fixées au plafond.

A leur sortie les caisses sont réchauffées par le système que nous avons indiqué plus haut, et les œufs extraits des boîtes spéciales, sont remballés dans des caisses en bois pour l'expédition.

Les résultats obtenus avec ce procédé sont remarquables ; des œufs de 9 à 12 mois de conservation pouvant encore être vendus pour la consommation, comme œufs à la coque. Le blanc, en particulier, se présente d'une façon remarquable, aussi consistant que dans un œuf frais, ceci s'explique par la suppression des actions diastasiques, qui, nous l'avons dit plus haut, amènent sa liquéfaction.

Le prix du matériel et du traitement à l'acide carbonique vient malheureusement grever sérieusement les œufs mis en conservation, et ne permet l'emploi de ce système que par de puissantes sociétés, et dans les centres de consommation importants.

Depuis trois ans, on a introduit sur le marché de Paris, des œufs congelés. Ces œufs proviennent de la Chine et du Japon. Sur les lieux de production, on casse les œufs, et on les met soit entiers, soit le blanc et le jaune séparés, dans des bidons en fer blanc de 10 ou de 20 kilogrammes. On fait congeler les œufs ainsi traités à -10° , et on les conserve ensuite à -5° , ils peuvent être mangés en omelette, et sont particulièrement recherchés par

la pâtisserie, ne possédant pas le mauvais goût des œufs tachés.

VII. CONSERVATION DU BEURRE

La conservation du beurre par le froid, a fait dans ces dernières années, l'objet de nombreux travaux tant en France qu'à l'étranger.

Au Congrès de l'Industrie Laitière, en mars 1908, M. Dornic a présenté sur ce sujet, le rapport de la Commission qui avait été chargée par le Congrès de 1907, d'étudier le meilleur mode de conservation du beurre par « le froid, sans l'emploi d'antiseptiques ».

Les expériences ont porté sur des beurres Français de provenances différentes, qu'on a entreposés dans leurs emballages habituels (calicot, papier sulfurisé, paille, panier) dans trois chambres différentes, tenues respectivement aux températures de : 0°, —5°, —10°. Les beurres ont été analysés à leur entrée au frigorifique, pour établir qu'ils avaient bien une composition normale. Ils ont été également examinés au point de vue bactériologique, à leur mise en expérience, et au cours de leur durée de conservation.

Les auteurs ont trouvé que les micro-organismes provenant du lait diminuaient progressivement de nombre et de vitalité. Il en est autrement de ceux provenant de l'eau ayant servi au travail du beurre, qui se multiplient considérablement.

Le rapporteur leur attribue les goûts savonneux

ou suiffeux contractés par certains beurres pendant leur conservation, et il appuie son argumentation sur ce que l'échantillon qui s'est le mieux conservé, sans présenter aucun goût désagréable, avait été travaillé avec une eau non seulement très pure, mais encore filtrée. Il se trouve ainsi d'un avis opposé à celui de M. Padé, qui, à la suite d'essais faits en 1907 (*L'Industrie Frigorifique* novembre 1909), avait cru devoir attribuer ces changements de saveur uniquement aux variations de température, ayant pu se produire pendant la durée de la conservation. Nous n'hésitons pas à partager l'avis de M. Dornic.

Les conclusions de ce dernier sont les suivantes :

« La qualité à l'origine des beurres frigorifiés,
 « la pureté de l'eau servant au laitage, la rapidité et les conditions de la mise en frigorifique,
 » le mode d'emballage et la pureté de l'air des locaux, influent directement sur la conservabilité,
 « beaucoup plus sans doute, que la température
 « même des chambres froides, quand elle est au-dessous de 0° C. Les températures comprises
 « entre 1 et — 5°, suffisent à une conservation de
 « 5 à 6 mois ; des températures plus basses ne
 « semblent pas procurer une augmentation de
 « qualité en rapport avec le coût élevé de leur
 « maintien ».

A la suite des expériences dont nous avons déjà parlé, M. Padé avait conclu qu'une température comprise entre 0° et + 4°, est suffisante pour conserver des beurres avec toutes leurs qualités pendant plus d'un mois. Le fait qu'il n'a fait

aucun examen des beurres mis en observation, au point de vue bactériologique, enlève toute valeur à sa conclusion au point de vue de la cause des modifications de goût, qui, comme le fait observer M. Dornic, doivent avoir pour causes des bactéries spécifiques.

M. Padé a conclu également qu'une légère acidité favorise la conservation, un échantillon dont l'acidité a atteint 0 gr. 23, s'étant particulièrement bien conservé, alors qu'un autre ayant pris le goût savonneux, n'avait que 0 gr. 15 comme acidité. Enfin, l'auteur préconise un faible degré hygrométrique de la chambre de conservation, sans toutefois avoir fait aucune mesure précise sur ce point.

Au Congrès de Vienne en 1910, MM. Chat et E. Marshall, ont exposé dans un rapport, les recherches d'un certain nombre de chimistes américains sur ce sujet.

Au point de vue de la teneur en bactéries, les recherches ont porté sur des beurres ayant été conservés à + 5°; — 5°; — 7°; — 10°; le nombre des germes dans le beurre frais était de 20,046,000 par gramme. Ce nombre, après 6 mois de conservation.

A + 5° devint	20,100
A — 7° »	972,300
A — 10° »	541,200
A — 5° »	759,300

après 9 mois :

A + 5° il devient	8,500
A — 7° »	309,800
A — 10° »	421,200
A — 5° »	665,500

Les auteurs Sayer, Rahnet et Farraud, expliquent que c'est à $+ 5^{\circ}$ que la diminution des germes est la plus rapide, par ce fait, qu'à cette température les divers organismes secrètent des produits capables de les tuer, alors qu'à plus basses températures, ces sécrétions sont plus lentes, et n'agissent, par suite, comme antiseptiques qu'au bout d'un temps beaucoup plus long.

D'autres expérimentateurs ont trouvé des résultats absolument concordants avec ceux que nous venons d'exposer. Il ne faut pourtant pas conclure de ce fait que l'explication donnée par les premiers, soit nécessairement vérifiée. Il se produit, en effet, des modifications chimiques (augmentation d'acidité, modification des matières azotées, etc.) qui varient avec les beurres de provenances différentes, et, pour un même beurre, varient avec les températures. Ces modifications sont, comme nous l'avons déjà vu, fort probablement dues à des organismes variables.

MM. Chat et E. Marshall pensent qu'il y a là des actions diastasiques, persistant malgré les basses températures maintenues.

Il est à remarquer que ces résultats concordent avec ceux de M. Daire, car les différents auteurs américains ont trouvé comme lui, que les organismes provenant du lait diminuaient progressivement, alors que ceux provenant de l'eau augmentaient, particulièrement au bout de 9 mois de conservation. D'après les expériences américaines, on aurait jusqu'à 6 mois une dé-

croissance de tous les organismes constituant la flore microbienne du beurre fabriqué, et ce n'est qu'après ce temps, que les organismes provenant de l'eau, commenceraient à se multiplier.

Les conclusions de MM. Chat et Marshall sont : que pour arrêter le développement des micro-organismes, il est nécessaire de conserver le beurre à une température inférieure à 0°, et « qu'il est probable » que les actions diastatiques s'exercent malgré la congélation et amènent les changements chimiques et organoleptiques. Il est certain que ces modifications chimiques ont également une action sur le développement des bactéries, et peuvent expliquer les faits exposés plus haut à ce sujet.

M. Sutherland Thomson, qui a étudié en Australie, cette question de la conservation du beurre, a trouvé également des modifications dans la saveur de l'arôme du beurre, malgré la congélation, et indiqué comme température de conservation la meilleure, —5° Fahrenheit, soit environ —20° C.

Les travaux que nous venons de résumer, nous conduisent à conclure que :

1° La température de 0° est suffisante pour conserver des beurres pendant 1 mois environ.

2° Pour conserver des beurres plusieurs mois, il est nécessaire de les maintenir à — 5°.

3° La question la plus importante, qui joue un rôle beaucoup plus grand que la température, est celle de la façon dont le beurre destiné à la conservation a été fabriqué. On devra écarter les beurres dits « fermiers », et ne mettre en con-

servation que des beurres centrifugés, fabriqués avec des crèmes pasteurisées, et une eau aussi pure que possible. On ne devra jamais se hasarder à conserver des beurres dont on ne connaîtrait pas l'origine.

4° On n'a fait aucunes recherches sur le degré hygrométrique à maintenir dans les chambres de conservation du beurre. Néanmoins, certains auteurs, de Loverdo en particulier, conseillent de de le maintenir à 75 0/0, dans le cas d'une conservation de peu de durée, à 0° ou + 2°.

Différents pays étrangers, la Suède, la Norvège, le Danemark, la Hollande, l'Australie, se livrent avec succès à l'exportation des beurres congelés. Ces beurres sont généralement emballés dans des tonneaux, et souvent on les sale légèrement sur toute leur surface, pour faciliter leur conservation, surtout lorsqu'ils doivent accomplir de longs trajets, et rester en frigorifique un laps de temps assez long. Cette pratique du salage ne se fait que pour des beurres de qualité inférieure, et amène souvent des mécomptes. On a en effet, reproché autrefois à la conservation par le froid, de provoquer la formation de marbrures, faisant perdre au beurre une partie de sa valeur commerciale. MM. Marcas et Hugghe ont précisément établi que ces marbrures ne se présentaient que sur les beurres salés, et étaient dues à une action du sel sur la caséine.

La congélation du beurre, a pour effet de modifier les caractères physiques de sa pâte, et le beurre une fois décongelé même lentement avec

soin, a moins de tenue que le beurre frais. On remédie à cet inconvénient, en malaxant le beurre décongelé avec du beurre frais non délaité.

VIII. CONSERVATION DES FROMAGES

La conservation des fromages a pour but, ou de les empêcher de se dessécher (Cantal) ou d'arrêter la fermentation lactique (Camembert, Brie, etc...) en les laissant s'affiner très lentement.

Ce sont les fromages à pâte molle, comme le Camembert et le Brie, qui sont conservés le plus fréquemment. Pour les empêcher de fermenter trop rapidement, et permettre de les conserver un mois et même plus, il faut une température de -2° . On les conserve généralement en caisses d'emballage. Il arrive parfois que l'on déballe les Brie pour les poser sur des étagères.

Le Cantal se conserve très avantageusement à une température de 0° à $+4^{\circ}$. Il peut rester ainsi plusieurs mois sans rien perdre de ses qualités, et à la sortie du frigorifique, il conserve son aspect et toute sa valeur marchande.

On conserve également des fromages de Coulommiers, et des fromages à la crème dite « Suisse ». Il est prudent de ne les conserver que quelques jours, pour éviter les moisissures qui les envahiraient rapidement.

Il ne faut pas essayer de congeler tous ces fromages ; la congélation amène une modification profonde de leur pâte, qui fait qu'au sortir de la chambre de conservation, dès qu'ils sont décon-

gelés, ils tombent en morceaux. Les fromages cuits, de provenances anglaises ou américaines, placés à 0°, se conservent également bien pendant un assez long temps.

Nous parlerons plus loin de la conservation du Roquefort .

IX. CONSERVATION DU POISSON

La conservation du poisson se fait sur les bateaux de pêche même et à terre entre le moment de son débarquement, et celui de sa vente.

L'industrie de la pêche a été considérablement modifiée par l'emploi de la glace, et celui des machines frigorifiques. Autrefois, les pêcheurs étaient de petits patrons, qui, avec leurs barques armées en pêche, se livraient à leur profession le long des côtes, et venaient vendre leur poisson dans le port le plus proche, quelques heures après l'avoir capturé. Aujourd'hui, cette profession s'est véritablement industrialisée, et dans les ports comme Boulogne et Arcachon, par exemple, de puissantes sociétés se sont formées, qui possèdent des flottilles de pêche composées d'un certain nombre de chalutiers à voiles ou à vapeur. Ces navires vont dans des points très éloignés de leurs ports d'attache, se livrer à la pêche en des endroits où l'abondance du poisson la rend particulièrement productive ; il faut donc qu'ils puissent conserver plusieurs jours dans leurs cales, le poisson pêché journallement, de façon à pouvoir l'écouler avec profit lorsqu'ils le débarqueront.

En 1882, une société composée d'un certain nombre de personnalités marseillaises, dont en particulier M. Eug. Velten, et le commandant Pélissier, fit une expérience de pêche au long cours sur la côte occidentale d'Afrique, avec le bateau « le Trident », pourvu de machines frigorifiques système Carré.

L'expérience donna des résultats intéressants au point de vue technique, mais il n'en fut pas de même au point de vue financier, et elle ne fut pas renouvelée par les promoteurs.

Depuis de nombreuses sociétés se sont formées dans les ports de pêche, et aujourd'hui, cette industrie est prospère, et augmente tous les jours d'importance.

Dans quelles conditions doit-on conserver le poisson ?

Le poisson de consommation courante, pêché sur les côtes de France, ou ailleurs, comme les soles, les rougets, les maquereaux, les turbots, les congres etc., ne supporte pas la congélation, et demande une atmosphère humide, pour ne pas se dessécher. Ceci peut être réalisé parfaitement au moyen de la glace, avec laquelle le poisson mis en cale est maintenu à une température de $+ 5^{\circ}$ environ, dans une atmosphère saturée d'humidité. Mais, ce système a un grave inconvénient, c'est que la glace dans laquelle est conservé le poisson fond, et que l'eau de fusion le lave, et provoque la disparition de certains colloïdes recouvrant sa peau, de sorte qu'au sortir de la cale, le poisson ne se présente plus aussi ferme

qu'à l'état de fraîcheur, et, par conséquent, perd une grande partie de sa valeur commerciale. Ce système ne peut donc s'appliquer que dans le cas où les bateaux ne restent pas plus de 5 à 6 jours en mer, et encore, il a l'inconvénient d'être coûteux, en raison de la perte de glace par fusion.

On a donc été amené à envisager la nécessité de pourvoir les bateaux de pêche d'une installation frigorifique, pour refroidir directement les cales. Ceci ne supprime pas l'emploi de la glace, qui est toujours nécessaire pour maintenir l'humidité de l'air, et empêcher la dessiccation du poisson, mais en maintenant la température des cales aux environs de 0°, sans descendre à une température amenant la congélation du poisson, on empêche la fusion de la glace, et les inconvénients en résultant. M. Gruvel (Rapport présenté au 5^e Congrès des pêches maritimes. Sables d'Olonne 1909) indique que l'on ne doit pas la faire descendre plus bas que — 2° ou — 3°, au maximum.

L'installation d'un chalutier moderne, comporte donc une machine à froid dont le rôle est de maintenir constante la température de la cale, et d'empêcher que les entrées de poisson venant d'être pris, ne la fasse varier dans des proportions pouvant avoir une mauvaise influence sur la conservation de celui emmagasiné précédemment.

Nous citerons comme type de ce genre, le chalutier *Rorqual*, qui a été établi en ces dernières années, pour la Compagnie Française des pêcheries du golfe de Gascogne, et dont M. Lemaire a

donné une description très détaillée à laquelle nous empruntons les renseignements qui suivent dans le *Journal de l'Association Française du Froid* (juillet 1909).

La machine frigorifique à ammoniac, est du type marine, c'est-à-dire que le condenseur est logé dans le bâti du moteur à vapeur et du compresseur, sa puissance frigorifique est de 30.000 frigories. Il est à remarquer que le condenseur est calculé, pour utiliser les eaux de mer chaudes des côtes est de l'Afrique. Cette machine refroidit une cale de 310 mètres cubes, dans laquelle on emmagasine le poisson sur des étagères construites spécialement pour cet usage, en séparant chaque lit de poisson du lit voisin, par une couche de glace pilée, embarquée avant le départ. Cette cale parfaitement isolée, ne communique avec l'extérieur que par trois écoutilles étroites, par lesquelles on introduit le poisson à emmagasiner. Elle est refroidie par une circulation de saumure, et l'on a prévu un bac réfrigérant de grande contenance, de façon à ce qu'en abaissant fortement la température de la saumure on dispose d'une quantité de froid suffisante pour maintenir la température au moment des entrées de poisson frais. Avec des entrées fréquentes, dont l'importance a été jusqu'à 3500 kilogrammes à la fois, la température n'a varié que de $1/2$ à $3/4$ de degré.

Il faut observer que le poisson, destiné à être ainsi conservé en cale, doit, auparavant, être vidé lavé et nettoyé.

Lorsque le poisson est débarqué, on peut le conserver encore dans un frigorifique aménagé dans les mêmes conditions qu'un bateau, pour que le poisson soit maintenu dans la glace entre 0° et — 3°, jusqu'au moment où il est vendu et expédié, toujours dans la glace.

Certains gros poissons, le saumon en particulier, supportent fort bien la congélation, et c'est ainsi que l'on trouve couramment, aux Halles de Paris, des saumons provenant du Canada ou de la Sibérie.

Le saumon se congèle à — 10°, et se conserve à — 5°. La température de la chambre de conservation ne doit jamais atteindre — 3°, température trop élevée pour une bonne conservation, qui provoque sur les saumons l'apparition d'une teinte jaune, qui leur enlève une partie considérable de leur valeur.

Pour que le saumon se conserve bien, il faut également lui faire subir : *l'enrobage*. Lorsque le poisson est congelé à — 10°, on le plonge dans de l'eau à 0°, de façon à provoquer la formation d'une mince couche de glace sur toute la surface du corps. Cette pratique a pour effet, d'empêcher le dessèchement et le fendillement de la peau.

Certains praticiens placent le poisson frais dans des bassins plats pleins d'eau qu'ils font congeler, de façon à ce que le poisson se trouve emprisonné dans la glace. Le but de cette façon d'agir, est d'obtenir une bonne conservation tout en ne congelant pas le poisson à cœur, ce qui abîme toujours un peu la chair.

Nous signalons qu'à la suite d'expériences de R. Pictet, on est arrivé à imaginer un procédé permettant d'expédier certains poissons, notamment le brochet, en les emprisonnant dans un bloc de glace dans une atmosphère d'oxygène. Un procédé de ce genre a été communiqué au Congrès de Toulouse.

X. CONSERVATION DES LÉGUMES

Ce que nous avons exposé au début de ce chapitre sur les principes régissant la conservation par le froid, suffit à faire présumer que ce seul agent ne peut donner de résultats pour la conservation de longue durée des légumes ou primeurs. Tous ces produits, renferment, en effet, une proportion d'eau considérable, et de plus, leurs enveloppes extérieures se prêtent avec une grande facilité à l'évaporation, de sorte qu'au bout de peu de temps d'entreposage, ils commencent à se rider, et à perdre ainsi leur aspect normal.

Il ne faut pas compter, pour aucun légume ; haricots verts, tomates, melons etc., sur une durée de conservation dépassant 3 semaines, et encore dans bien des cas, on ne pourra atteindre cette limite.

Où le froid peut rendre de grands et réels services, c'est pour le transport des légumes ou primeurs. Aujourd'hui, la C^{te} du chemin de fer d'Orléans, organise tous les ans un service de wagons réfrigérants pour le transport des colis de légumes et primeurs expédiés sur son réseau

pour Paris. Les résultats obtenus sont excellents. Ce qui serait encore meilleur, serait l'application de la pré-réfrigération telle que nous l'avons indiquée pour les fruits. Des expériences ont été faites sur ce point sous les auspices de l'Association Française du Froid et nous croyons que peu à peu, les syndicats de producteurs, se rendant compte des services que cette pratique est appelée à leur rendre, profiteront plus largement des installations mises à leurs dispositions par des sociétés dont cette industrie est la spécialité.

XI. CONSERVATION DES FLEURS, OIGNONS ET GRAINES

En Allemagne particulièrement, on se livre au forçage frigorifique des plantes, avec un grand succès. Il est même regrettable de constater que cette industrie est entièrement accaparée par nos voisins, alors qu'elle pourrait prendre un grand développement en France, où elle serait d'un excellent rapport pour les entrepôts frigorifiques.

On conserve tout particulièrement les rhizomes de muguet, les oignons de lys, d'azalée etc... On les place sur des claies disposées spécialement pour ce travail, et on les maintient à une température de -2° à -3° . Il faut avoir la précaution de les décongeler lentement, lorsqu'on les sort de la chambre de conservation; on le fait à $+6^{\circ}$ ou $+8^{\circ}$.

Il faut sortir les oignons 15 jours ou 3 semaines avant le moment où on veut les faire fleurir.

XII. CONSERVATION DES FOURRURES

Le but que l'on poursuit en conservant les fourrures, est d'empêcher les insectes qui s'y trouvent ou peuvent y éclore de se développer, et d'y exercer leurs ravages, et en même temps d'éviter que par une évaporation trop intense, due à une température relativement élevée, elles ne perdent une partie des matières grasses qui leur conservent leur souplesse.

Cette question a été étudiée très sérieusement par MM. Read et Howard du Ministère de l'Agriculture américain.

Ces observateurs, ont étudié l'action du froid et des différentes températures sur les insectes, les larves, et les œufs. L'action du froid sur les insectes adultes, se manifeste dès 0°, température à laquelle la plupart ne résistent pas.

Les larves sont les ennemis les plus à craindre, et si à 0° leur vitalité est déjà très ralentie, elles ne sont détruites ou du moins mises dans l'impossibilité de nuire, qu'à la température de — 6°. Le fait le plus remarquable, c'est que la destruction de ces larves est facilitée, par des écarts répétés de température, en faisant varier cette dernière aussi grandement que l'on peut. Pour réaliser cela, on ne fait fonctionner la machine frigorifique que très peu de temps dans la journée (2 à 3 heures), et pendant ce temps on abaisse considérablement la température (jusqu'à — 10° ou — 12°). A l'arrêt de la machine la température com-

mence à remonter, et on la laisse atteindre -1° . On arrive ainsi à détruire la plus grande partie des larves au bout de quelques semaines.

Pour maintenir la température, on peut se servir soit d'un frigorifère à ruissellement, soit du système mixte, soit du système par radiation. Le système à employer doit être déterminé par la nature des fourrures à conserver, et on doit également tenir compte du fait qu'elles sont en peaux, ou confectionnées.

XIII. CONSTRUCTION ET AMÉNAGEMENT DES ENTREPOTS

Les entrepôts frigorifiques, sont des établissements industriels où l'on réalise les conditions de températures exigées par la conservation des différents produits, telles que nous les avons indiquées.

Lorsque ces établissements sont entièrement destinés à la conservation d'une seule denrée, comme ceux établis dans les abattoirs, l'aménagement au point de vue frigorifique doit être fait en ne tenant compte que des conditions à réaliser pour la conservation de la viande ; il n'en va plus de même lorsque, comme cela se présente fréquemment, l'entrepôt est destiné à la conservation de denrées différentes, demandant, la réalisation de procédés de conservation différents, il faut prévoir son aménagement de telle sorte que les différents produits ne se nuisent pas les uns aux autres, et soient chacun dans les

meilleures conditions pour une bonne conservation.

Nous n'avons pas à insister sur l'importance que présente l'isolation d'un entrepôt, puisqu'un établissement de ce genre n'a pour but que le maintien des chambres qui le composent à des températures déterminées, et que dans le cas où ceux qui l'exploitent ne font personnellement le commerce d'aucune denrée, ils sont tout simplement vis-à-vis de leur clientèle des marchands de froid, et que leur premier soin doit être de ne pas perdre ce froid. En dehors de l'isolation des murs, qui empêchent les pertes par conductibilité, il faut avoir soin d'empêcher les rentrées brusques d'air chaud par les ouvertures des chambres. On emploie pour cela des antichambres qui empêchent la rentrée de l'air extérieur directement dans les chambres refroidies. Ces antichambres et les chambres, sont fermées par des portes très épaisses, dont les panneaux sont rendus moins conducteurs du froid par du liège emprisonné entre deux parois de bois. Le bois que l'on emploie est généralement du pitchpin, qui a l'avantage de travailler très peu à l'humidité, et de ne pas pourrir. Dans le cas où l'entrepôt compte un grand nombre de clients, et présente pendant une partie de la journée un va et vient intense, il est avantageux de se servir à l'entrée des chambres de portes battantes, dites va et vient, qui se referment automatiquement dès qu'on est passé. On évite ainsi que les clients, se succédant rapidement les uns aux autres, ne laissent les portes ouvertes constamment.

Toutes les portes, doivent être blindées jusqu'à moitié de leur hauteur, pour résister aux chocs qu'elles subissent du fait du passage des chariots ou diables chargés de marchandises.

Une question, d'une importance capitale, est celle des odeurs. Tous les produits que l'on conserve généralement dans les entrepôts, dégagent des odeurs plus ou moins vives ; or, tous les produits souffrent également des odeurs provenant des autres, c'est ainsi que le beurre absorbe les odeurs des fruits, de la viande, des fromages ; la viande absorbe les odeurs des fromages, du gibier etc., les œufs absorbent également les différentes odeurs. Cette absorption d'odeurs étrangères déprécie considérablement les produits conservés, et il est de toute nécessité d'empêcher ce phénomène.

La première mesure à prendre pour éviter ainsi que les différents produits puissent s'emprunter réciproquement leurs odeurs, est de les conserver dans des chambres différentes, et de ne jamais les mélanger ; ceci amène à prévoir lors de l'installation de l'entrepôt, des chambres différentes, pour les divers produits que l'on compte conserver. Il faut également disposer l'installation, de telle sorte que, pour les produits exigeant de la ventilation, l'air de chaque chambre soit refroidi par un frigorifère spécial de façon à éviter que dans cet appareil, les odeurs provenant de différentes chambres viennent se mélanger, et se répartir partout. On doit donc condamner absolument le système d'un frigori-

fère central répartissant l'air froid dans les différentes chambres, au moyen de canalisations dérivées.

Il faut non seulement éviter le mélange des odeurs, mais encore prévoir leur élimination régulière. On ne peut en effet, songer à laisser l'atmosphère d'une chambre immuable, et il est nécessaire d'en prévoir le renouvellement plus ou moins fréquent, car les odeurs même normales s'accumulant dans une chambre, finissent par rendre l'atmosphère infecte, et le non changement d'air favorise considérablement l'apparition et le développement des moisissures. Cette dernière influence se fait surtout sentir dans les chambres où le froid est produit uniquement par rayonnement, sans brassage d'air. Dans les cahiers de charge des frigorifiques d'abattoirs, on exige que l'air puisse être renouvelé entièrement à trois reprises différentes, toutes les 24 heures.

Le renouvellement de l'air peut se faire de deux façons différentes.

1° Par refoulement.

2° Par aspiration.

Le changement d'air par refoulement consiste à adopter un dispositif permettant de couper la communication entre le ventilateur du frigorifère et le canal d'aspiration, et de mettre ce ventilateur en relation avec une canalisation disposée spécialement pour lui faire aspirer de l'air à l'extérieur des locaux de l'usine. L'air ainsi aspiré est refoulé dans la chambre, mais après avoir passé dans l'intérieur du frigorifère, pour s'y refroidir

et y abandonner son humidité de façon à n'apporter aucune perturbation dans la température et l'état hygrométrique.

Le changement d'air par aspiration, se fait au moyen d'un ventilateur placé à l'extérieur de la chambre avec laquelle il communique par sa conduite d'aspiration. En mettant en route le ventilateur, on aspire l'air vicié, et on le refoule à l'extérieur. L'inconvénient de ce système, est que l'air introduit dans la chambre, ne passe pas préalablement dans le frigorifère, il pénètre par les issues naturelles (portes) et, par conséquent, n'est ni refroidi ni desséché, et par suite cause une élévation de température, et un dépôt d'humidité sur les produits entreposés, qui sont très préjudiciables.

Dans les installations bien comprises, on prévoit pour toutes les chambres le renouvellement de l'air par les deux moyens. Le renouvellement par refoulement est employé pour les changements d'air normaux ; celui par aspiration est employé pour les changements nécessités par une production anormale de mauvaises odeurs, et on prévoit qu'il doit amener très rapidement le remplacement de tout l'air des chambres.

Cette élimination des odeurs par changement de l'atmosphère des chambres, est onéreux au point de vue du froid, puisqu'il faut en très peu de temps refroidir une quantité d'air considérable. On a donc cherché à l'éviter au moins en partie par l'emploi de systèmes de désinfection.

Nombreux sont les systèmes proposés, qui,

tous, d'après ceux qui les offrent, doivent résoudre la question d'une façon parfaite, et empêcher la production des odeurs les plus tenaces. Malheureusement, les résultats obtenus jusqu'ici ne sont guère encourageants, et c'est une question qui attend encore sa solution définitive. Comme elle présente un grand intérêt, nous allons nous y arrêter un peu.

Les antiseptiques pouvant être employés dans les entrepôts, doivent répondre à plusieurs conditions.

Agir efficacement aux températures des chambres ;

Être gazeux ;

N'avoir pas d'odeurs, ou le moins possible ;

N'avoir aucune action modificatrice des qualités des produits entreposés ;

Ne pas rendre l'atmosphère irrespirable ;

Parmi ceux que l'on a proposés, les autres étant éliminés comme ne répondant nullement aux conditions ci-dessus, nous citerons :

L'aldéhyde formique ou formol ;

L'anhydride sulfureux ;

L'ozone.

L'aldéhyde formique a été proposée et employée dans un certain nombre d'établissements ; on la produisait au moyen de lampes à trioxyméthylène.

Cet agent a été abandonné, car à partir de $+ 5^{\circ}$ le formol gazeux se polymérise, et n'a plus aucune action, il ne faut donc pas songer à l'employer à des températures inférieures à 0° . Dans les chambres dont la température est comprise entre 0° et

+ 5°, comme celles de boucherie, on emploie avec succès la solution commerciale de formol connue sous le nom de « Lusoforme » qui agit par contact direct sur les foyers d'infection pouvant se trouver sur le sol ou sur les murs des chambres.

L'anhydride sulfureux ne peut être employé en raison de son odeur, et de ce qu'il contient toujours une certaine proportion d'acide sulfurique.

Reste l'ozone.

Depuis deux ou trois ans, on a fait une grande réclame pour ce corps, et un certain nombre de frigorifiques allemands l'ont employé. Cependant, il faut dire qu'il n'existe aucun travail *désintéressé*, sur l'ozone employé comme désinfectant dans les établissements frigorifiques.

L'ozone est incontestablement un antiseptique gazeux d'une puissance considérable, mais il possède certaines qualités, qui en rendent dangereux l'emploi irraisonné. C'est un oxydant extrêmement énergique, et dont l'action sur les matières organiques est particulièrement violente; il faut donc craindre qu'il n'amène des modifications dans la saveur et le goût des produits renfermés dans les chambres, qui les rendent ensuite inutilisables. Il a le défaut également d'agir fortement sur l'économie, et une atmosphère renfermant 1 mg., d'ozone par mètre cube d'air est irrespirable. On ne peut donc l'employer à une concentration plus élevée, et alors, son action antiseptique est-elle suffisante? Enfin, il a encore le défaut de présenter une faible odeur.

Les essais faits jusqu'à ce jour ont déjà montré, qu'on ne peut l'employer dans les chambres à beurre ; on prétend que dans les autres cas il réussit parfaitement.

Nous estimons qu'on ne peut encore l'indiquer en toute sécurité comme l'antiseptique répondant à toutes les conditions voulues, et qu'il est prudent d'attendre des expériences sérieuses et d'une certaine durée, avant de se prononcer.

L'aménagement des entrepôts, en dehors de l'installation des appareils réfrigérants, comporte également celle des cases ou cellules destinées à être louées à la clientèle.

Les cellules destinées à la viande de boucherie ou à la triperie, se construisent en fer. L'armature est composée de fers cornières et de fers à U, supportant également les barres d'accrochage ; les parois sont en grillage métallique très fort, ou mieux en tôle perforée. Toutes ces parties métalliques doivent être galvanisées et peintes, pour éviter la production de la rouille. On a recommandé fréquemment les portes roulantes, c'est un tort, les portes battantes bien que moins commodes pour la circulation, offrent plus de sécurité comme fermeture.

L'obligation de construire des cases en fer pour la boucherie et la triperie, provient de ce que les marchandises emmagasinées laissent toujours couler du sang et des liquides organiques, qui impréneraient les cases en bois, et amèneraient ainsi la production de mauvaises odeurs dont on ne pourrait se débarrasser.

Dans les chambres destinées aux autres produits ; volaille, beurre, fromages etc., on construit les cases à claire-voie en pitchpin, en les revêtant à l'intérieur de toile métallique.

La construction des cases diminue considérablement la surface utile de la chambre, par l'obligation où l'on est d'assurer l'accès à chacune des cases, au moyen de couloirs ; on compte de ce fait $1/3$ de perte de surface locative. C'est un point dont on doit tenir compte dans l'établissement des tarifs de location.

Nous allons donner par un exemple, la façon dont on calcule le froid nécessaire à une installation.

Soit à calculer le nombre de frigories nécessaires pour maintenir entre $+ 2^{\circ}$ et $+ 4^{\circ}$ une chambre à viande, de 200 mètres cubes.

En nous reportant à la marche indiquée au chapitre refroidissement des locaux, nous pouvons faire facilement ce calcul.

Chaleur perdue par transmission du sol, des murs, etc. — Nous prenons comme température de l'air extérieur 30° , et comme température du sol 15° , coefficient de transmission de la chaleur : 0,7.

La surface du plafond et des murs, est de 191^{m^2} ,2 celle du sol de 90 mètres carrés.

Pour les premiers, la déperdition horaire sera de :

$$191,2 \times 0,7 \times 28 = 3\,747 \text{ cal. } 52.$$

Ce chiffre 28 représente la différence de tem-

pérature (30-2) entre l'extérieur, et la température de la chambre.

En 24 heures, cette déperdition sera :

$$3747,52 \times 24 = 89\ 940 \text{ cal. } 48.$$

Pour le sol, la déperdition par 24 heures sera de :

$$90 \times 0,7 \times 13 \times 24 = 19\ 656 \text{ cal.}$$

La déperdition totale en 24 heures, sera donc de :

$$89\ 940,48 + 19\ 656 = 109\ 596 \text{ cal. } 48.$$

Ou :

$$109\ 600 \text{ calories.}$$

Nous ferons remarquer de suite que nous supposons que la chambre forme un bâtiment isolé, et ne fait pas partie d'un entrepôt comprenant plusieurs chambres, dont certaines pourraient l'avoisiner, et réduire ainsi la déperdition par les murs.

A cette première perte, nous ajouterons de suite 10 0/0, pour l'apport de chaleur provenant du personnel, de l'éclairage, etc., ce qui nous donnera :

$$109\ 600 + 10\ 960 = 120\ 560$$

ou sensiblement :

$$121\ 000 \text{ calories.}$$

Chaleur provenant des marchandises emmagasinées. — La chambre étant divisée en cases occupées par des locataires, sa surface utile est réduite d'un tiers, et se trouve être de :

$$60 \text{ mètres carrés.}$$

En comptant que la viande est emmagasinée à raison de 150 kilogrammes par mètre carré de surface utile, la quantité contenue par la chambre pleine, sera de :

$$150 \times 60 = 9\,000 \text{ k.}$$

Si l'on suppose que tous les jours, un tiers de la marchandise est retirée pour être remplacée par de la marchandise fraîche dont la température est de 20°, et que l'on prenne pour chaleur spécifique de cette viande 0,8, chiffre sensiblement égal à celui que nous avons indiqué, et donnant un peu plus de marge, la quantité de frigories nécessaire pour refroidir la viande à + 2°, sera :

$$3\,000 \times 18 \times 0,8 = 43\,200 \text{ frigories.}$$

Chaleur à absorber pour refroidir et dessécher l'air. — Le volume de la chambre étant de 200 mètres cubes, si on renouvelle complètement l'air trois fois en 24 heures, la chaleur spécifique de l'air étant 0,31, et cet air étant refroidi de + 30° à + 2°, il faudra :

$$200 \times 3 \times 0,31 \times 28 = 5\,208 \text{ frigories.}$$

L'état hygrométrique de la chambre doit être maintenu à 75 0/0. Si l'air à + 2° était saturé d'humidité, il contiendrait 5 gr.57 d'eau par mètre cube ; il en contient donc :

$$5,57 \times 0,75 = 4 \text{ gr. } 17.$$

Si nous supposons que l'air aspiré extérieure-

ment à 30°, a également 75 0/0 pour degré hygrométrique, cela représente par mètre cube :

$$29 \times 0,75 = 21 \text{ gr. } 75 \text{ d'eau.}$$

On aura donc à condenser par mètre cube :

$$21,75 - 4,17 = 17 \text{ gr. } 58 \text{ d'eau.}$$

En comptant 610 calories par kilogramme d'eau comme chaleur de vaporisation, on a de ce chef un apport de chaleur de :

$$200 \times 3 \times 0,61 \times 17,58 = 6\,434 \text{ cal.}$$

Il faudra donc fournir en 24 heures :

Déperdition	121 000	frigories
Refroidissement de la viande	43 200	»
Refroidissement de l'air introduit. . .	5 208	»
Dessèchement de l'air introduit . . .	6 434	»
	<hr/>	
	175 842	frigories

Soit :

$$176\,000 \text{ frigories.}$$

On remarquera immédiatement l'importance des pertes par déperdition, et, par suite, l'intérêt que présente l'isolation des chambres.

Ce chiffre de 176000 frigories, devra être fourni en 24 heures ; on emploiera une machine plus ou moins puissante suivant le nombre d'heures qu'on voudra marcher.

Si on doit marcher 18 heures par jour, la puissance de la machine devra être de :

$$\frac{176\,000}{18} = 9\,777 \text{ frigories-heures}$$

Où :

10 000 frigories-heures.

Pour une marche de 12 heures, elle devra être de :

$$\frac{176\ 000}{12} = 14\ 666 \text{ frigories-heures}$$

Où :

15 000 frigories-heures.

Nous tenons à faire remarquer que le système de ne marcher qu'une partie de la journée, ne peut s'appliquer partout. Dans les chambres à viandes, les frigorifiques d'abattoirs, les brasseries, il est avantageux et n'offre aucun inconvénient, parce que dans les deux premières applications, on peut toujours laisser fonctionner le ventilateur, ce qui est le point capital, et qu'en brasserie, on n'a pas à se préoccuper du degré hygrométrique. Il n'en est pas de même dans d'autre cas, comme pour les œufs, les fruits etc., parce que si dans les chambres bien isolées, un arrêt de plusieurs heures n'a qu'une influence insignifiante sur la constance de la température, il en va tout autrement du degré hygrométrique, dont les variations sont beaucoup plus sensibles.

S'il s'agit de produits à congeler (viande, volaille, etc.) les calculs ne sont plus les mêmes. On admet, dans ce cas, que la chaleur spécifique des produits congelés est : 0,4, et, de plus, il faut tenir compte de la congélation de l'eau dans les tissus, qui fournit un apport de 80 frigories par

kilogramme, qui représente la chaleur de fusion de la glace.

Ainsi, pour 1000 kilogrammes de viande à congeler à -5° , on devra d'abord fournir, pour les abaisser de $+20^{\circ}$ à 0° :

$$1\ 000 \times 0,8 \times 20 = 16\ 000 \text{ frigories}$$

Puis pour les congeler et amener à -5° si on suppose qu'ils contiennent 70 0/0 d'eau :

$$(1\ 000 \times 0,4 \times 5) + (700 \times 80) = 58\ 000 \text{ frigories}$$

Ce qui représente en tout :

$$16\ 000 + 58\ 000 = 74\ 000 \text{ frigories.}$$

Il faut également tenir compte dans les calculs, si on emploie le refroidissement par rayonnement ou le froid combiné, de la chaleur de fusion de la glace qui est dégagée, par suite de la formation du givre sur les tuyaux des batteries, ou dans le frigorifère. On a là un nouvel apport de 80 calories par kilogramme d'eau condensée. On a pu remarquer que l'exemple de calcul que nous avons donné était très général, et que nous n'avons pas étudié celui d'un entrepôt complet. C'est volontairement que nous avons agi de la sorte, parce que nous considérons qu'à chaque usine différente, correspond un cas différent, et nous ne voulions pas donner un calcul pouvant être considéré comme s'appliquant à tous les cas pouvant se présenter. La marche que nous avons indiquée, et les renseignements que nous avons donnés, n'ont dans notre esprit, pour but, que de per-

mettre de comprendre la façon dont on devra traiter les divers problèmes pouvant se présenter dans l'installation d'une usine.

En dehors de la production du froid dans les entrepôts, il y a d'autres questions secondaires, qui ont une certaine importance. Parmi celles-ci, nous tenons à signaler qu'il faut toujours prévoir des dégagements et issues suffisantes, pour permettre une manutention aussi rapide que possible, aux heures où les marchandises affluent, particulièrement l'été. Lorsque l'usine comporte plusieurs étages, il est indispensable d'établir des monte-charges, ou des chemins roulants, permettant le transport rapide des produits aux différents étages.

CHAPITRE VIII

Le Froid dans les Industries de fermentation

SOMMAIRE. — I. Brasserie. — II. Fabrication du vin.
— III. Cidrerie.

Le froid artificiel, trouve une application particulièrement importante, dans les industries des boissons fermentées.

Dans ces industries, on a souvent besoin de réaliser les fermentations dans des limites de températures bien déterminées, pour obtenir des produits présentant des qualités spéciales, c'est en particulier le cas en brasserie ; en outre, lorsque les fermentations proprement dites sont terminées, on doit conserver un certain temps les produits fabriqués, pour obtenir le dépôt de certains corps restés en dissolution, et dont la disparition caractérise ce qu'on appelle leur maturation ; cette maturation est nécessaire pour toutes les boissons fermentées ; la bière, le vin, et le cidre, qui ne peuvent être livrés à la consommation qu'après avoir atteint ce point. Or, les basses températures favorisent la rapide production de ces dépôts, et permettent ainsi d'obtenir dans un laps de temps relativement court, des boissons présentant les qualités de celles ayant vieilli longuement sans l'aide du froid ; c'est en particulier le cas des vins. Enfin, lorsque ces boissons sont arrivées à leur état final, celles qui ne sont pas très riches en alcool, courent le risque de se gâter sous l'influence de micro-organismes dont le développement a été empêché jusque-là par la fermentation elle-même, et qui, alors se trouvent dans des conditions favorables ; le froid agit alors comme un véritable antiseptique, pour empêcher ce développement. C'est encore une des actions heureuses du froid en brasserie, et en cidrerie.

I. BRASSERIE

C'est l'industrie qui, la première a utilisé les machines à froid, puisqu'en 1859, année où Carré prit son brevet, la première installation fut faite à Marseille, dans la brasserie de M. Eugène Velten. Ce fut la première application industrielle des machines frigorifiques dans le monde. Depuis, leur développement en brasserie n'a pas cessé, et tous les jours, le nombre des machines employées dans cette industrie augmente.

Quelques mots sur la technique de la fabrication de la bière sont nécessaires, pour faire comprendre le rôle du froid dans cette fabrication.

La bière se fabrique suivant deux procédés différents désignés sous le nom de : fermentation haute, et de : fermentation basse. Nous ne nous occuperons pas du premier, dans lequel les machines frigorifiques n'interviennent pas.

Les bières de fermentation basse, dont les types les plus parfaits sont, pour les bières blondes, les bières de Pilsen, et pour les bières brunes, celles de Munich, présentent une finesse de goût bien supérieure aux bières de fermentation haute, en même temps que leur richesse en acide carbonique dissous, les rend particulièrement mousseuses et digestives

Ce résultat, provient de ce qu'après les avoir laissées accomplir leur fermentation principale à des températures comprises entre $+ 5^{\circ}$ et $+ 10^{\circ}$ pendant 8 à 10 jours, on les laisse ensuite séjour-

ner de 2 à 6 mois dans des caves dites : « de garde », dont la température est maintenue à $+ 2^{\circ}$. Dans ces conditions, la fermentation s'achève très lentement, en même temps que l'acide carbonique produit, se dissout dans la bière, et que la levure et les matières colloïdes qu'elle tient en suspension, se déposent. Cette lente fermentation dite « fermentation secondaire », développe dans la bière tout son bouquet, et achève sa clarification.

Cette fabrication, qui, avant l'invention des machines à froid, n'était possible que pendant l'hiver, et sous des climats favorables, a pu être réalisée grâce à ces machines, sous toutes les latitudes, et à toutes les époques de l'année.

Nous avons indiqué plus haut, que cette conservation à $+ 2^{\circ}$, donnait également des bières plus franches de goût, en empêchant les ferments de maladies de les envahir.

Il est résulté de cette application du froid, que les bières de fermentation basse ont pris une extension considérable, et ont peu à peu supplanté celles de fermentation haute, sauf en Angleterre, et dans le Nord de l'Europe.

On fabrique aujourd'hui d'excellentes bières, pouvant rivaliser avec celles d'Europe, en Algérie, en Tunisie, en Indo-Chine, etc.,.

Il n'est pas exagéré de dire, que les machines frigorifiques ont eu, sur la fabrication de la bière, une action aussi considérable, que les travaux de Pasteur sur les fermentations.

Le rôle du froid en brasserie, comprend trois actions distinctes.

1° Refroidissement du moût sortant de la chaudière jusqu'à la température de mise en levain.

2° Absorption de la chaleur dégagée par la fermentation du moût, pour la laisser s'accomplir dans les limites de températures voulues.

3° Refroidissement des caves de fermentation et de garde, et des chambres de soutirages, et magasins à houblon.

Refroidissement du moût sortant de la chaudière.

Le moût sortant de la chaudière à 100° environ, est envoyé soit sur de grands bacs plats, où il offre une grande surface de contact avec l'air, soit dans une cuve fermée ou oxygénateur, connue sous le nom de « bac Velten », dans laquelle on injecte de l'air stérilisé à travers toute la masse. Ce contact du moût bouillant avec l'oxygène de l'air, est nécessaire pour sa clarification.

Lorsque l'oxygénation est jugée suffisante, on refroidit rapidement le moût pour la mise en levain. En général, surtout si l'oxygénation se fait sur des bacs, on n'y laisse pas séjourner le moût à une température inférieure à 70°, pour éviter les infections.

On emploie souvent pour ce refroidissement, un réfrigérant du type « Baudelot », dans lequel le moût coule extérieurement sur des plaques de cuivre ondulées, parcourues intérieurement par de l'eau froide, ou de la saumure provenant du réfrigérant de la machine frigorifique. Pour réaliser une économie de froid, le Baudelot est

divisé en deux parties ; une partie supérieure où le moût arrive directement des bacs, qui est refroidie par de l'eau provenant du puits fournissant l'eau pour les besoins de l'usine, et une partie inférieure, qui est refroidie par la saumure provenant du réfrigérant de la machine frigorifique.

Il existe également des réfrigérants fermés, où le moût se refroidit à l'abri de l'air extérieur, ce qui diminue les dangers d'infection. Ces réfrigérants jouissent d'une certaine vogue en Amérique.

En 1911, M. Patitz a publié dans *The Western Brewer*, une étude intéressante sur le réfrigérant en brasserie, étude qui a été résumée et commentée par la revue française *Brasserie et Malterie*.

M. Patitz a établi qu'il était avantageux d'employer de grandes vitesses pour obtenir un bon rendement des réfrigérants ; il indique pour la vitesse de l'eau de refroidissement 1 mètre par seconde. Comme le fait remarquer M. Petit, ceci correspond à un débit horaire de 7000 litres d'eau, pour un réfrigérant formé de tubes de 50 millimètres de diamètre intérieur. Quant à la vitesse du moût, si on considère un réfrigérant Baudelot, elle varie avec la hauteur, et on a donc intérêt à ne pas réduire trop celle-ci. La différence de température entre l'eau entrant au réfrigérant, et le moût refroidi, ne devrait pas d'après M. Patitz, excéder 8° à 11° pour les réfrigérants fermés.

M. Patitz, pour des raisons de technique de brasserie, conclut en faveur du réfrigérant Baudelot. C'est du reste celui qui est le plus employé en France, où les réfrigérants fermés sont rares.

Absorption de la chaleur dégagée par la fermentation du moût de bière.

Le moût de bière produit par infusion ou décoction du malt d'orge dans l'eau, est un liquide riche en un sucre appelé Maltose. La fermentation de ce liquide, qui se fait sous l'influence de la levure de bière, décompose le maltose en produisant de l'alcool et de l'anhydride carbonique. Cette transformation dégage une grande quantité de chaleur, 180 calories environ, par kilogramme de maltose.

Ce dégagement de chaleur produirait une élévation de température du moût en fermentation, qui amènerait l'obtention de bières de mauvais goût, si on la laissait s'accomplir ainsi. Le froid intervient pour empêcher la température de ce moût, de s'élever au-dessus de $+ 10^{\circ}$ au maximum.

Si nous supposons un moût à 12° Balling, c'est-à-dire contenant 12 kilogrammes d'extrait par hectolitre, lorsque sa fermentation principale sera terminée, il ne contiendra plus que 4 kilogrammes d'extrait ; il aura donc disparu :

$$12 - 4 = 8 \text{ kg. d'extrait}$$

En admettant comme nous l'avons fait plus haut, une production de 180 calories par kilogramme d'extrait transformé, cela représente 1440 calories environ dégagées qu'il faudra absorber pour empêcher la température de s'élever. Les auteurs allemands (Lenhert) admettent que

l'on peut compter 1500 calories par hectolitre de moût à 15° Balling, pour une atténuation de 50 0/0, c'est un chiffre un peu faible, et on ne peut du reste donner de règle absolue à ce sujet, la façon dont l'atténuation est poussée, intervenant ; il vaut mieux calculer largement, et nous admettrons ce chiffre de 1500 calories, pour un moût à 12° Balling, comme celui que nous avons considéré.

On procède de plusieurs façons, pour refroidir le moût en fermentation.

Le système le plus ancien, consiste à placer dans le moût des *nageurs* (fig. 69), en tôle étamée, dans lesquels on met de la glace. La chaleur dégagée par la fermentation fait fondre la glace, on est donc obligé d'enlever plusieurs fois par jour l'eau de fusion, et de remplir à nouveau les nageurs. Ce système a de nombreux inconvénients, il est d'abord peu économique, parce que la glace devant être cassée pour être mise dans les nageurs on a toujours une perte de ce chef ; de plus, il occasionne une manutention assez grande ; enfin, il a l'inconvénient d'offrir de nombreuses occasions d'infection de la bière en fermentation, par les fuites se produisant dans les nageurs au bout d'un certain temps, les éclaboussures d'eau de fusion de la glace quand on la siphonne etc.. Il n'est appliqué que dans les petites ou les anciennes brasseries.

Le refroidissement de la bière en fermentation, s'opère beaucoup mieux au moyen de serpentins dans lesquels on fait circuler de la saumure

froide, ou de l'eau froide. Ces serpentins plongent dans la bière, et sont reliés aux canalisations d'arrivée et de retour du liquide froid, au moyen de tuyaux de caoutchouc. Ce système présente de très grands avantages sur le précédent. La température peut être réglée beaucoup plus facilement, et d'une façon, en quelque sorte mathé-

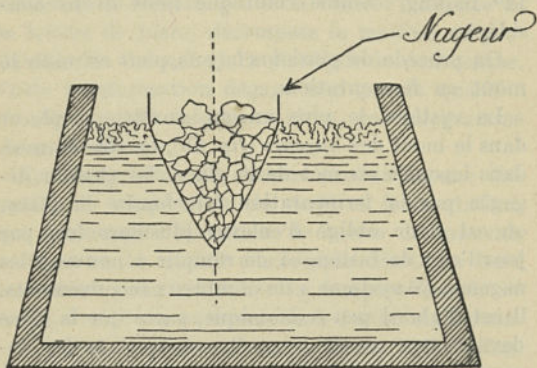


Fig. 69. — Cuve de fermentation

matique ; comme dangers d'infections, ils sont beaucoup moins nombreux, que ceux provenant de la charge des nageurs et du siphonnage de l'eau. Un danger est pourtant inhérent à ce système, c'est que les serpentins ne viennent à se percer, et à laisser passer du liquide froid dans la bière. C'est pour cette raison qu'en Allemagne, on fait circuler dans les serpentins, de l'eau douce refroidie dans une cuve spéciale, à 0° ou $+1^{\circ}$, de façon à ne pas être obligé de jeter la bière en cas de

fuite. On a par ce fait une production de froid moins économique qu'en faisant circuler la saumure directement dans les serpentins. Cette dernière façon de procéder a-t-elle vraiment de grands inconvénients ? Nous ne le croyons pas, parce que nous l'avons vue appliquer dans plusieurs brasseries, sans qu'on ait eu à s'en plaindre. Il suffit d'entretenir avec soin et de vérifier fréquemment les serpentins, ce qui est toujours facile, puisque chaque fois qu'une cuve est vidée on la nettoie, et on la laisse généralement dans cet état pendant plusieurs jours. Parmi les grandes brasseries françaises, nous pouvons citer « la Meuse » dont la description a paru dans le journal *la Bière* en décembre 1910, où les cuves de fermentation sont refroidies par des serpentins à saumure.

En dehors des cuves de fermentation, on a encore à tenir froide, la levure que l'on conserve pour les mises en levain. La consommation de froid de ce chef est très minime, et ne peut s'évaluer même approximativement ; on se sert souvent de glace pour cet usage, la quantité ainsi usée rentrant dans la consommation des cuves, si on se sert de nageurs.

Refroidissement des caves ; salles de soutirages et magasins à houblon.

Le refroidissement des caves de fermentation, n'a à lutter que contre la chaleur provenant du rayonnement des murs, plafond et sol. C'est donc le cas que nous avons déjà examiné à propos des

entrepôts. La température de ces salles doit être maintenue entre $+6^{\circ}$ et $+8^{\circ}$.

Les caves « de garde », sont celles où l'on conserve la bière mise en foudres après sa fermentation principale, et où s'accomplit la fermentation dite secondaire, en même temps que le dépôt de résines et matières colloïdes ainsi que la levure en suspension. Ces caves doivent être maintenues à $+2^{\circ}$. On a dans ces caves, au point de vue de la production du froid, à abaisser de $+5^{\circ}$ à $+2^{\circ}$, la température de la bière transvasée chaque jour de la cave de fermentation, et à absorber la chaleur venant par conductibilité.

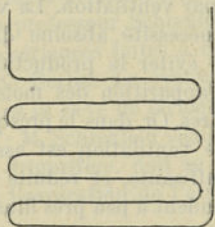
Dans les salles de soutirage, on maintient une température de $+8^{\circ}$ à 10° , le problème de la production de froid à ce point de vue, varie avec les installations différentes, et on ne peut poser de solution générale. Nous ferons remarquer, du reste, que dans peu de brasseries, on refroidit spécialement les caves de soutirage. Celles-ci sont généralement placées en antichambre des caves de garde, pour le soutirage en fût au moins, et se trouvent refroidies par le passage des collecteurs de saumure.

Les chambres à conserver le houblon, sont maintenues à 0° . Etat hygrométrique de 50 0/0 environ.

Depuis quelques années, on a préconisé des réfrigérants spéciaux pour la bière au soutirage, auxquels on a donné le nom de *déglutineurs* (fig. 70), parce que leur rôle consiste à provoquer le dépôt dans le filtre, de certaines matières azotées pouvant causer des troubles particuliers, surtout

dans les bières pasteurisées. Cette méthode de travail a amené certains mécomptes, en modifiant les qualités de la bière ainsi traitée, et l'usage de ces appareils est plutôt restreint, et n'a croyons-nous, pas beaucoup de chances de se développer.

Pour les diverses applications que nous venons d'énumérer, on emploie généralement le froid par rayonnement. On se sert de batteries de



Déglutineur

Fig. 70.

tuyaux lisses ou à ailettes, fixées au plafond des caves, dans lesquelles circule la saumure incongelable. Il faut avoir soin, dans les caves de fermentation, de placer ces batteries au-dessus des passages réservés entre les rangées de cuves, pour que, lorsque la circulation est arrêtée, l'eau provenant de la fusion du givre des tuyaux, ne tombe pas dans la bière en fermentation. Dans les caves de garde, on n'a pas de précautions spéciales à prendre à ce sujet, les foudres ne souffrant pas de l'eau pouvant tomber sur eux.

Dans quelques brasseries, on emploie la détente directe, mais ces installations sont très rares en France.

A plusieurs reprises, dans des articles publiés dans les *Annales de la Brasserie et de la Distillerie*, (septembre 1904, janvier 1912), nous avons signalé qu'il y aurait pour la brasserie, un avantage très grand à se servir de frigorifères, pour produire du froid par ventilation. La ventilation, est, en effet, une nécessité absolue dans toutes les brasseries pour éviter la production des « goûts de cave », et l'apparition des moisissures sur les cuves et les foudres. Or, dans la presque totalité des brasseries, cette ventilation est assurée de façon tout à fait insuffisante, et réduite dans des conditions qui la rendent à peu près illusoire, parce que l'introduction d'air puisé à l'extérieur des caves, et dont on n'a pas tenu compte dans les calculs d'établissements de l'installation frigorifique, provoque une élévation de la température des caves surtout pendant la saison chaude.

L'application du système de réfrigération par ventilation, résoud parfaitement ce problème de l'aération des caves. Si on ne veut refroidir complètement les caves par ce procédé, qui ne pourrait du reste s'appliquer qu'aux caves de fermentation d'une façon avantageuse, on peut toujours prévoir l'établissement d'un frigorifère permettant le refroidissement de l'air puisé au dehors, avant son introduction dans les caves. Au moyen de registres, on pourra faire fonctionner cet appareil sur les différentes caves, l'une après l'autre

chaque jour, de façon à renouveler leur atmosphère sans les réchauffer. Ce que nous avons dit des frigorifères, au point de vue de la purification de l'air, ajoute encore en faveur de ce procédé, qui permet ainsi d'introduire dans les caves de l'air privé des germes qu'il peut contenir.

Nous avons été heureux de trouver la justification de nos idées personnelles, dans une conférence de M. le professeur Schœnfeld, qui a rendu compte des expériences faites à ce sujet à l'école de Brasserie de Berlin. Le système du froid par ventilation dans la cave de fermentation y a pleinement réussi ; M. Schœnfeld signale que l'arrivée d'air froid du frigorifère, doit se faire par le bas de la cave, et l'aspiration de l'air à refroidir, par la haut.

Enfin, nous insisterons à nouveau, sur la nécessité d'une excellente isolation des caves, même lorsqu'elles sont souterraines, parce que c'est une partie généralement négligée et qui occasionne des pertes de froid énormes, comme nous l'avons déjà expliqué.

Nous allons indiquer la façon dont on doit calculer la production du froid dans une brasserie, en nous appuyant sur ce que nous venons de dire. Nous tenons à bien faire remarquer que l'exemple que nous donnons, n'a pour but que de montrer comment on doit s'y prendre pour faire ce calcul, et qu'il ne faudrait pas le considérer comme devant s'appliquer à tous les cas et à toutes les usines, nous avons déjà dit qu'on ne pouvait donner de règle absolue de ce genre.

Calcul de l'Installation frigorifique d'une brasserie

Nous supposerons une brasserie, qui, dans sa période de plus grande activité, fabrique 50 hectolitres de bière par jour.

Refroidissement du moût

Le moût arrive au réfrigérant type Baudelot, à 70° C, et se refroidit dans la partie supérieure jusqu'à 30°, sous l'action de la circulation d'eau fournie par le puits.

La saumure doit donc le refroidir de 30° à 5°. En supposant le moût à 12° Balling, c'est-à-dire de densité : 1,046, et de chaleur spécifique : 0,9, la quantité de chaleur à absorber pour les 50 hectolitres, sera de :

$$50 \times 1,046 \times 0,9 \times 25 = 117\ 675 \text{ calories.}$$

Refroidissement du moût en fermentation

Pour un moût à 12° Balling, nous avons admis 1500 calories par hectolitre, en le faisant fermenter jusqu'à 4° Balling. Pour 50 hectolitres, ceci représente :

$$1\ 500 \times 50 = 75\ 000 \text{ frigories}$$

La fermentation durant 8 jours, ceci fait par jour :

$$\frac{75\ 000}{8} = 9\ 375 \text{ frigories.}$$

On pourrait faire l'objection que le chiffre de 1500 calories par hecto est un peu élevé. Nous l'employons à bon escient, parce qu'il faut tenir compte que l'on ne commence par à refroidir le moût dès sa mise en levain, mais qu'on le laisse d'abord commencer à fermenter jusqu'à ce que sa température atteigne $+ 8^{\circ}$, et parfois $+ 10^{\circ}$; ce n'est qu'à ce moment que l'on commence généralement à faire intervenir le froid, la vitalité de la levure est alors énorme, et il ne faut pas être court en froid, si on veut être maître de faire achever la fermentation dans les conditions que l'on désire. De plus, il faut envisager que dans une brasserie, on fabrique souvent des bières de densités différentes, ou que pour une même densité, on pousse l'atténuation plus ou moins loin, ce qui exige que l'on ait une certaine marge, dans la puissance frigorifique dont on dispose.

Refroidissement des caves.

La cave de fermentation placée au niveau du sol, et maintenue à $+ 5^{\circ}$, a une surface de 90 mètres carrés, avec une hauteur de 3 mètres. Nous supposons la cave bien isolée, et admettons 0,7 comme coefficient de transmission, nous admettons également 30° comme température extérieure, et 15° comme température du sol.

Le nombre de frigories à fournir, pour faire face à l'apport de chaleur sera en 24 heures, pour le sol.

$$90 \times 10 \times 0,7 \times 24 = 15\ 120 \text{ frigories}$$

Pour le plafond et les murs :

$$216 \times 25 \times 0,7 \times 24 = 90\ 720 \text{ frig.}$$

Pour les caves de garde, de 100 mètres environ chacune de surface, et 4 mètres de hauteur, maintenues à + 2°, toutes deux en sous-sol, nous avons à prévoir : 1° le refroidissement journalier de 50 hectos de bière provenant de la cave de fermentation, de + 5° à + 2° ; 2° les déperditions par conductibilité.

Pour le refroidissement de la bière, en prenant pour sa chaleur spécifique 0,8 on a :

$$50 \times 0,8 \times 3 = 120 \text{ frigories.}$$

La déperdition par rayonnement sera pour chaque cave de :

$$376 \times 0,7 \times 13 \times 24 = 82\ 118 \text{ frigories}$$

Et pour les deux :

$$82\ 118 \times 2 = 165\ 000 \text{ frigories environ.}$$

La totalité du froid nécessaire pour les caves, est donc :

15 120 frigories	
90 720	»
120	»
165 000	»
270 960	
	frigories

En ajoutant 10 0/0, pour l'éclairage, les ouvriers, etc...

$$270\ 960 + 27\ 096 = 298\ 056 \text{ frigories.}$$

Renouvellement d'air

Nous supposons qu'on renouvellera l'air de la cave de fermentation 4 fois en 24 heures, et celui des caves de garde 2 fois.

Pour la première, on aura à refroidir :

$$270 \times 4 = 1\ 080 \text{ mètres cubes}$$

Cela fait :

$$1080 \times 0,31 \times 24 = 8\ 035 \text{ frigories.}$$

L'air aspiré étant à 75 0/0 hygrométrique, en le ramenant à + 5° et 100 0/0 degré hygrométrique, on a de ce fait une condensation de :

$$21,75 - 6,79 = 14 \text{ gr. } 96$$

D'eau par mètre cube, ce qui consommera :

$$1\ 080 \times 0,61 \times 14,96 = 9\ 855 \text{ frig. } 6.$$

De même pour les caves de garde, on trouve pour le refroidissement de l'air introduit :

$$1\ 600 \times 0,31 \times 28 = 13\ 888 \text{ frigories}$$

Et pour son dessèchement de + 30 à + 20° :

$$1\ 600 \times 0,61 \times 16,18 = 15\ 791 \text{ frigories.}$$

Nous renvoyons aux chapitres précédents : Refroidissement des locaux, et conservation des denrées périssables (calculs d'établissement d'un entrepôt) pour l'explication des coefficients employés.

On devra donc produire pour les besoins de la Brasserie :

Refroidissement du moût.	117 675 frigories
Fermentation.	9 375 »
Refroidissement des caves	298 056 »
Ventilation des caves.	47 569 »
Total.	<u>472 675 »</u>

Ou :

473 000 frigories.

Il faudra donc pour une marche de 24 heures, une machine de :

$$\frac{473\ 000}{24} = 19\ 708 \text{ frigories à l'heure.}$$

Ou, pour une marche de 15 heures une machine de :

$$\frac{473\ 000}{15} = 31\ 533 \text{ frigories à l'heure.}$$

Nous n'avons pas dans ce calcul, introduit celui du refroidissement des salles de soutirage, et des chambres de conservation de houblon. Les explications que nous avons données, sont suffisantes pour permettre de faire ces calculs.

Nous n'avons pas non plus parlé de fabrication de glace pour le refroidissement par nageurs, ou pour la vente. Beaucoup de brasseries, pour ne pas dire toutes, font en effet, de la glace, bien que logiquement elles ne devraient faire que du froid. Cette fabrication n'est du reste pas une source de bénéfices pour elles, car au

lieu de vendre leur glace, elles la donnent gratuitement à leurs clients, et se font ainsi une concurrence onéreuse. Le chapitre où nous traitons de la fabrication de la glace, renferme les renseignements permettant de calculer cette partie de l'installation.

II. FABRICATION DU VIN

L'intervention si heureuse du froid en brasserie, conduit à penser tout naturellement, que la fabrication du vin aurait également beaucoup à gagner de son emploi. C'est l'opinion actuelle de tous les œnologues, et pourtant ce n'est encore que timidement, qu'en ces dernières années, ont été faites les premières applications du froid dans cette branche. Ceci tient sans doute à ce que le vin est fabriqué par une foule de propriétaires plus ou moins importants, et non dans des usines pouvant se livrer à des expériences sérieuses sur une grande échelle. Néanmoins, il se fait actuellement des applications, qui font prévoir la révolution que le froid apportera dans cette industrie, qui sera aussi profonde que celle qu'il a apportée en brasserie.

Une raison qui est intervenue également, pour retarder les progrès des applications dans la fabrication du vin, est l'extrême variété des produits provenant des diverses régions viticoles d'un même pays, variété qui empêche de considérer les résultats acquis avec les vins d'une région, comme devant nécessairement se produire avec ceux d'une région voisine. Cette raison oblige à beaucoup de

prudence, et il faut se garder de lancer les viticulteurs dans une voie, avant d'être bien sûr qu'elle ne les mènera pas à de mauvais résultats.

Nous emprunterons les renseignements qui vont suivre, et les données pratiques que nous indiquerons, aux travaux de MM. Carles, Astruc, Malvezin, Mathieu en France, et à ceux de M. Ragnoli Pini et E. Monti en Italie.

Régularisation de la fermentation des vins.

La fermentation du vin, comme celle de la bière, dégage une quantité de chaleur considérable, qui élève rapidement la température du vin en fermentation. Or, il n'est pas bon que cette élévation de température soit trop considérable. Le vin fabriqué à haute température, est moins fin que celui fabriqué à température modérée, et peut être envahi plus facilement par les ferments de maladies qui le perdent irrémédiablement.

On a reconnu que la température la meilleure pour obtenir un vin sain, et de bonne qualité, est de 27° à 30°. Aussi, dans les pays chauds, comme l'Algérie, et même le midi de la France, on emploie depuis longtemps des réfrigérants à eau, pour régulariser la température de la fermentation. Nul doute qu'on n'obtiendrait un résultat meilleur, en agissant comme en brasserie, avec une machine frigorifique; on pourrait notamment employer le système de circulation d'eau refroidie à 0°, dans des serpentins plongeant dans les cuves.

On pourrait même aller plus loin, et introduire dans la pratique œnologique, une véritable fabri-

cation en fermentation basse comme en brasserie. M. Astruc, en particulier, considère comme absolument certain, que l'on pourra arriver à créer des races de levures dont la température optima de fermentation, serait environ 18°. Avec une fermentation à cette température, on obtiendrait des vins beaucoup plus fins, que ceux obtenus par les méthodes actuelles.

En Champagne, on emploie maintenant couramment le froid pour maintenir les caves à des températures permettant une fermentation régulière. L'action du froid est particulièrement bonne, pour favoriser la dissolution de l'acide carbonique, plus soluble à froid, qu'à température élevée, et obtenir des vins ayant plus de stabilité et de mousseux.

Fabrication des vins doux, vins de liqueurs, etc.

Le froid est employé avec succès, et donne des résultats remarquables, dans la fabrication des vins doux, en arrêtant brusquement la fermentation, à un point donné.

Jusqu'ici on se servait pour arrêter la fermentation, de l'acide sulfureux, qui, ne l'arrête pas toujours exactement au point voulu, même à forte dose, et qui en outre, présente d'autres inconvénients. L'action du froid est certainement préférable à la sienne, et la fabrication de ces vins ne peut que gagner à l'employer. Les applications du froid à ce point de vue, sont déjà nombreuses en Italie.

Clarification des vins.

A ce point de vue, la valeur du froid ne peut plus être mise en doute, et son action est particulièrement remarquable pour le « débourbage » des moûts et la clarification des vins.

Le moût de raisin est toujours trouble, à la suite d'oxydations et de coagulations se produisant aussitôt après son extraction. Depuis longtemps, on a constaté que, pour obtenir des vins fins et de bonne tenue, il était nécessaire d'éliminer ces précipités ainsi formés, avant que le vin ne fermente. Les différents moyens imaginés ; centrifugation, filtration, emploi de l'acide sulfureux, n'ont donné que des résultats incertains, et l'idée d'employer le froid s'est ainsi imposée rapidement.

Divers œnologues ont fait des expériences sur ce sujet. Pini, après des expériences fort bien conduites, a indiqué qu'il était nécessaire de descendre le vin jusqu'à -5° , c'est-à-dire à la température de congélation, la fermentation se faisant déjà à -3° . D'autres expérimentateurs ont indiqué des températures très différentes (Pacottet $+10^{\circ}$), de sorte que ce point n'est pas éclairci, et qu'il est fort probable qu'il varie avec les vins des différentes régions.

En tous cas, M. Astruc (Industrie Frigorifique 1910), sans indiquer de températures particulières, indique la règle suivante :

« Il est nécessaire, de commencer à refroidir
« avant tout début de fermentation — au fur et

« à mesure de l'extraction du moût — et de ne
« pas opérer la décantation plus de deux ou trois
« jours après l'encuvage, si on veut conserver
« en suspension quelques-unes des levures na-
« turelles ».

Le froid est également employé pour la clarification non plus des moûts avant fermentation, mais du vin terminé, et dans ce cas, non seulement on obtient une clarification rapide et complète, mais en plus, un vieillissement artificiel, permettant de livrer comme vins vieux à la consommation, des vins tout à fait jeunes.

Voici d'après le D^r Carles, l'action du froid dans le déverdissement des vins nouveaux ; cette action se manifeste de deux façons :

« La première toute physique, repose sur la
« capacité d'entraînement du tartre individuelle-
« ment. Voici comment. Le vin nouveau est, en
« réalité, une dissolution sursaturée de tartre. Le
« froid rompt la sursaturation, et diminue sa
« capacité de dissolution d'autant plus qu'il est
« plus vif et plus prolongé. Quand le tartre est
« ainsi insolubilisé dans un milieu où il y a des subs-
« tances en équilibre instable ou pseudo-solution,
« il a le privilège de se lier à elles pour les entraîner
« avec lui. Cette union, cette juxtaposition (plutôt
« que combinaison proprement dite) est désignée
« sous le nom de « laques ».

« La seconde cause est plutôt chimique, lorsque
« dans la barrique aux 3/4 pleine de vin nouveau
« refroidi, nous faisons un fouettage vigoureux, ou
« encore lorsque nous soutirons le vin refroidi en

« grande surface à l'air, nous introduisons dans ce
 « vin de l'air, c'est-à-dire, une part d'oxygène. Cet
 « oxygène est plus soluble dans le vin vers 0°, qu'à
 « la température ordinaire.

« En se dissolvant ainsi, il se fixe de préférence
 « sur les éléments du vin les plus oxydables, au
 « nombre desquels figurent en première ligne les
 « pigments bleus. En s'oxydant, ces pigments
 « perdent progressivement leur solubilité, de telle
 « sorte qu'après être devenus pseudo-solubles,
 « ils deviennent insolubles totalement.

« Or, nous avons dit que le tartre avait une af-
 « finité spéciale pour ces pseudo-solubles qu'il
 « ravissait au vin jusqu'à ce qu'il se fut mis lui-
 « même en équilibre de dissolution. Mais ici la réci-
 « proque est telle, qu'il est impossible à ces pig-
 « ments oxydés, à ces tannoïdes ferrugineux inso-
 « lubilisés individuellement, de se séparer du vin
 « sans entraîner à leur tour une part du tartre
 « normalement dissous ; même dans les vins les
 « plus vieux !

« C'est ainsi que dans les vins nouveaux, après
 « le débouillage, simple action mécanique, se for-
 « ment les premières lies, et telle est aussi la cause
 « de leur abondance.

« On le voit, l'action du froid, physique seule-
 « ment en apparence, est en réalité l'action chi-
 « mique de l'oxygène de l'air, et peut l'être davan-
 « tage encore par l'agitation des vins sous ses di-
 « verses formes.

« Comme première conséquence, non seulement
 « le tartre et les sels similaires acides en excès sont

« éliminés, mais ils sont accompagnés par tous ces
« insolubles en puissance, qui représentent le
« pigment bleu du vin nouveau. Les produits
« complexes de cette séparation forment les pre-
« mières lies, et cette précipitation générale, cons-
« titue un auto-collage de premier ordre. »

L'action double du froid est ainsi parfaitement connue, et ne peut être mise en doute. Le point qui est alors intéressant, est de savoir dans quelle mesure il faut faire agir le froid, et combien de temps doit durer cette action.

Les divers auteurs qui ont traité ces questions, sont partagés. Cependant, il semble, et M. Mathieu est de cet avis, qu'il est prudent de ne pas laisser le froid agir longtemps, les vins blancs ayant l'inconvénient de jaunir, et les rouges de se casser, par une action de plusieurs jours; les uns comme les autres contractent également, dans ce cas, un goût de cuit prononcé.

M. Pini pose comme principe que le vin doit rester au moins 72 heures à — 5°, pour être entièrement clarifié. Il doit ensuite être soutiré sans filtration.

M. Pini estime que la clarification par le froid artificiel, qui est déjà appliquée en Italie, pour la préparation du vermouth, et d'autres apéritifs, est la clarification idéale, parce qu'elle supprime l'emploi de produits chimiques tous plus ou moins nuisibles à la qualité du vin.

M. Malvezin, a imaginé un procédé spécial qu'il a nommé *Pasteuroxyfrigorie*. Dans ce procédé, le vin refroidi graduellement jusqu'à la plus basse température que puisse supporter son degré

alcoolique y est maintenu une minute, filtré, puis réchauffé. L'auteur prétend avoir ainsi des résultats parfaits. Nous ferons remarquer qu'il conserve la filtration, que les autres auteurs déconseillent.

Comme on le voit, les procédés sont très différents, mais tous les auteurs prétendent avoir en quelques jours, un vin qui a tous les caractères d'un vin de cinq à six mois.

Il est certain qu'actuellement de grandes maisons de vins de Paris, emploient le froid pour clarifier et vieillir leurs vins destinés à être vendus en bouteille, et réalisent ainsi de beaux bénéfices. Nous croyons que pour la température à laquelle on doit faire la clarification, il faut se baser sur celle que le vin est appelé à subir chez le client et faire cette opération à un degré un peu plus bas que celui auquel le vin est destiné à supporter par la suite. Quant à la filtration elle doit être supprimée, et remplacée par un simple soutirage. En tous cas, pour que la clarification s'opère bien, il faut laisser le vin immobile pendant l'action du froid.

Dégorgement des vins mousseux.

Le froid est employé couramment en Champagne, pour obtenir le « dégorgement » du vin, qui enlève les dépôts formés dans les bouteilles. On plonge les bouteilles le goulot dans un bac réfrigérant, et on enlève le glaçon qui se forme contre le bouchon, et qui renferme toutes les matières déposées. Ce procédé est employé également

pour la fabrication de l' « Asti Spumante ».

Concentration des vins et moûts.

Le froid peut être également employé pour concentrer les vins ou les moûts, et fabriquer ainsi avec des vins pauvres en alcool, des vins plus riches. Pour cela, on congèle le vin, et en enlève les aiguilles de glace qui se forment, au moyen d'uneessoreuse, ou par tout autre moyen.

Ce procédé ne s'est pas répandu en France, parce que pour les vins, il revient paraît-il plus cher que la concentration par la chaleur, et que pour les moûts c'est une opération illégale, et entraînant l'assimilation de celui qui la pratique, au fabricant de glucose.

Un ingénieur italien, M. Eudo Monti a fait breveter plusieurs procédés de concentration des moûts et vins de raisin, et les a mis en pratique à Percara, dans l'usine de la Société « Krios ». La fabrication a commencé en 1907 ; non seulement on concentrait les moûts et vins, mais on en faisait des confitures. La société « Krios » n'a fait fonctionner son usine que trois ou quatre ans bien que les produits obtenus aient été intéressants.

Conservation des moûts et vendanges.

M. Pini a fait des essais de conservation de moûts frais non fermentés, et de vendanges. Il a trouvé pour les uns et les autres, qu'il fallait une température de -5° pour les conserver, c'est-à-dire, qu'il faut les congeler. A cette température,

on peut les conserver 10 mois, comme l'auteur, et s'en servir au bout de ce temps. Cependant, il ne faut pas pousser la conservation aussi longtemps, si l'on veut de bons résultats pratiques, à cause de la macération des pépins.

III. CIDRERIE

Malgré les études dont l'action du froid sur le cidre a déjà fait l'objet, notamment de la part de M. Warcolier le distingué directeur de la station pomologique de Caen, l'application du froid en cidrerie n'est pas encore entrée dans la pratique. Il est à espérer cependant que cela ne tardera pas, et que comme pour la bière et le vin, la fabrication du cidre bénéficiera bientôt des avantages qu'elle est en droit d'espérer de l'usage du froid artificiel.

On a fait, aux Etats-Unis, des expériences sur la conservation du cidre par le froid. Des cidres doux refroidis au sortir du pressoir à 0° restèrent en moyenne 50 jours sans fermentation appréciable (H. Gore, 2^e Congrès international du Froid. Vienne). Ils restèrent ensuite 99 jours pour certaines variétés, et 125 pour d'autres, sans que la fermentation soit arrivée au point où on puisse les qualifier de « durs ». Ces résultats montrent déjà les modifications que le froid pourra introduire dans la fabrication du cidre.

M. Corblin (Industrie Frigorifique, septembre 1908) a exposé comment pourrait être comprise l'application du froid pour la conservation du

cidre doux, dans le but de le livrer en toute saison à la population parisienne. Il estime qu'il suffirait de le maintenir, lorsqu'il est arrivé au point de fermentation voulu, à une température de $+ 3^{\circ}$ à $+ 4^{\circ}$, pour le livrer à la consommation au fur et à mesure des demandes. Il estime que la conservation dans ces conditions, pourrait se prolonger, non seulement plusieurs mois, mais même plusieurs années. Les expériences que nous citons plus haut montrent qu'il est téméraire de compter sur une aussi longue conservation.

CHAPITRE IX

Laiterie et Fromagerie

SOMMAIRE. — I. Laiterie. — II. Fromagerie.

Depuis déjà longtemps, on a compris les services que le froid artificiel pouvait rendre, aux industries de la laiterie et de la fromagerie. Dans les pays Scandinaves, le Danemark, la Hollande, en particulier, pour ne citer que des contrées européennes, les applications du froid dans les laiteries, ont donné à cette industrie un essort considérable. En France, on a été un peu plus timide pour se servir de cet agent, mais aujourd'hui les

laiteries se servant du froid artificiel sont nombreuses, et leur nombre s'accroît tous les jours, de telle sorte que cette industrie n'a plus rien à redouter de la concurrence étrangère.

Nous empruntons au rapport de MM. Chat et Marshall, que nous avons déjà cité en traitant la conservation du beurre, les renseignements qui vont suivre, sur l'action du froid sur le lait, au point de vue chimique, et biologique.

Des échantillons de lait, provenant les uns d'une laiterie et achetés au marché, les autres sortant directement de l'étable ou « lait propre » furent mis en observation par Ravenel, Hartings et Hammer, aux températures de 0° et de — 9°.

En 100 jours, le lait provenant du marché maintenu à 0° augmenta dans les proportions suivantes comme teneur en germes ;

130 000 à	32 650 000 (assiettes à 37°)
130 000 à	94 500 000 (assiettes à 12° à 15°).

Avec le « lait propre » maintenu à 0°, en 160 jours, la teneur en germes augmente de :

3 600 à	3 610 000 000 (assiettes à 37°)
3 600 à	191 500 000 (assiettes à 12° à 15°).

Le lait acheté au marché et tenu à — 9°, voit en 106 jours, sa teneur modifiée de :

130 000 à	63 750 (assiettes à 37°)
130 000 à	65 000 (assiettes à 12° à 15°).

Pour le lait propre à la même température

et pendant le même temps, la teneur passa de :

3 500 à	1 950 (assiettes à 37°)
3 500 à	3 200 (assiettes à 12° à 15°).

Le traducteur du rapport donne, sur la technique des expérimentateurs, des renseignements utiles pour l'explication des résultats. Il signale que le lait, après avoir été amené au laboratoire, était placé sur des assiettes de températures différentes, puis porté dans les chambres froides. Il s'écoulait toujours un certain temps avant que le lait et les assiettes n'aient pris la température de ces chambres, et celle des assiettes influait sur le développement microbien du lait qu'elles contenaient.

De nombreux chimistes américains : Conn., Esten, Pennington, etc., ont fait des recherches à ce sujet, et leurs résultats sont concordants. Tous concluent que :

La teneur en micro-organismes augmente dans le lait au-dessus de sa température de congélation ; dans le lait congelé, il y a réduction du nombre des germes.

L'augmentation est progressive de 0° à + 20°, à partir de cette dernière température, certaines espèces prédominent, et empêchent le développement des autres.

Au point de vue des modifications chimiques, de nombreuses expériences ont été faites par les mêmes savants. Voici les résultats trouvés par Pennington entre - 1°,67 et + 0°,55 :

Lait propre

Acidité	15°	au bout de	7 jours
»	22°	»	14 »
»	39°	»	35 »

Lait acheté au marché

Acidité	17°	au bout de	7 jours
»	17°	»	14 »
»	19°	»	21 »
»	19°,5	»	28 »
»	20°	»	35 »

Au point de vue de la saveur, au bout de 6 semaines, celle du lait propre était bien meilleure que celle du lait ordinairement vendu en ville, bien que modifiée de ce qu'elle était à la mise en observation.

Le lait du marché était amer dès la quatrième semaine.

Dans le lait propre, au bout de quatre semaines, il ne restait que 35, 5 0/0 de l'azote total de la caséine.

Les divers expérimentateurs sont d'accord pour signaler que la teneur en acidité, les modifications des matières azotées, de la saveur etc., sont très variables, et dépendent de causes certainement très nombreuses, très probablement des actions diastases. Ces modifications ne sont pas arrêtées même à — 9°.

Jusqu'ici, en France, tout au moins, on ne s'est pas livré à la conservation du lait à long terme, et les travaux que nous venons de résumer mon-

trent, que dans l'état actuel de nos connaissances à ce sujet, ce serait bien hasardeux.

On emploie le froid, pour refroidir rapidement le lait destiné à l'alimentation des grandes villes, de façon à l'amener aussi bon que possible au consommateur, en même temps que pour refroidir celui qui sert dans les laiteries, à la fabrication du beurre ; le froid intervient du reste dans cette fabrication, à plusieurs moments.

I. LAITERIE

Refroidissement du lait destiné à l'alimentation des grandes villes.

La consommation du lait dans les grandes villes, augmente d'une façon constante, et a amené la création de sociétés de vente à succursales multiples, réparties dans les différents quartiers. Ces sociétés sont obligées, pour se procurer le lait dont elles ont besoin, de l'acheter dans des régions aussi voisines que possible, mais qui, pour de très grandes villes, comme Paris sont éloignées parfois de plus de 150 kilomètres. On comprend facilement que dans ces conditions, il serait absolument impossible, avec la durée du transport nécessaire, d'amener le lait en bon état jusqu'au consommateur. L'emploi du froid s'impose donc et permet seul de livrer à ce dernier un produit qui n'a rien perdu de ses qualités pendant son transport.

On a reconnu rapidement, qu'il est nécessaire

de refroidir le lait aussitôt que possible après la traite, de façon à arrêter de suite l'action des ferments lactiques. Cette opération se fait dans des usines placées au centre des régions de récolte, et d'où le lait est ensuite expédié à la maison de vente. En Danemark, en Angleterre, et aux Etats-Unis, on exige que le refroidissement soit fait par le fermier lui-même à la ferme, aussitôt après la traite.

Il suffit de refroidir le lait à $+ 5^{\circ}$, pour l'expédier dans de bonnes conditions.

Le refroidissement se fait au moyen d'un appareil Baudelot, comme ceux employés en brasserie.

Lorsque le lait arrive au dépôt central, il peut encore avoir besoin d'être refroidi, surtout pendant l'été, et aussitôt, on le verse dans de grands bacs-réservoirs en tôle étamée, placés dans une chambre dont la température doit être maintenue à $+ 3^{\circ}$. On remplit les bidons de transport aux succursales avec le lait ainsi refroidi. Dans ces dernières on devrait conserver les bidons dans une cave froide également, et ne les sortir qu'au fur et à mesure des besoins de la vente.

Fabrication du beurre.

Nous avons déjà exposé le rôle du froid dans la conservation du beurre, il n'est pas moins grand dans sa fabrication.

Les premiers essais que l'on a fait, consistaient à refroidir la crème, pour éviter une acidification trop rapide, au moyen de nageurs de glace, analogues à ceux employés en brasserie. Ces essais

ont donné de mauvais résultats, dus à ce que la crème refroidie formait sur les parois du nageur une couche épaisse et isolante, ne permettant pas aux couches plus éloignées de se refroidir, on n'avait pas, par suite de l'épaisseur du liquide, le remplacement des couches refroidies par d'autres à températures plus élevées, comme cela se passe dans une cuve de bière en fermentation.

On a employé également la glace au barattage, et on le fait encore.

Le système des nageurs, pour le refroidissement a donc été abandonné, et on refroidit la crème, au moyen d'un réfrigérant à circulation d'eau et de saumure jusqu'à une température favorable à la maturation de la crème, température qui varie suivant les circonstances, de $+ 8^{\circ}$ à $+ 12^{\circ}$.

Lorsque la crème est acidifiée, sa température est élevée sensiblement et atteint souvent $+ 17^{\circ}$ et $+ 18^{\circ}$. Il est indispensable de pouvoir l'abaisser très rapidement jusqu'à $+ 10^{\circ}$, pour que le barattage se fasse dans les meilleures conditions. Comme nous l'avons dit, cette opération se fait en employant de la glace.

Après le barattage, il faut séparer le beurre du petit lait, opération qu'on dénomme délaitage et lavage. Pour la bien pratiquer, il est nécessaire de disposer d'une grande quantité d'eau dont la température soit de $+ 5^{\circ}$. On évite ainsi un trop grand entraînement de matières grasses dans le babeurre, et on augmente d'autant le rendement, la perte pouvant aller jusqu'à 35 et 40 grammes par litre, lorsqu'on ne lave pas à l'eau froide.

Enfin, lorsque le beurre est fabriqué, il faut pouvoir l'emmagasiner dans de bonnes conditions, jusqu'à son expédition. On doit donc prévoir un magasin à beurre maintenu à la température de $+ 2^{\circ}$, si ce dernier ne doit y séjourner que 24 ou 48 heures avant l'expédition ; si on voulait le conserver plus longtemps, il faudrait, comme nous l'avons vu, recourir à des températures plus basses, mais on ne le fait généralement pas dans les laiteries, et ce n'est pas à prévoir dans leur installation.

M. Dornic, dans l'« Industrie du Beurre » (1912) a indiqué de quelle façon devait être prévue, au point de vue frigorifique, l'installation d'une laiterie, pour que cette installation donne les meilleurs résultats, tout en étant la plus économique possible. En prenant pour base ses indications, nous allons établir la quantité de froid dont on devra disposer pour une laiterie traitant 10.000 litres de lait pendant l'été, chaque jour. (Nous renvoyons aux chapitres précédents, pour l'explication des coefficients employés).

10.000 litres de lait fourniront environ 1600 kilogrammes de crème. Le lait ayant été pasteurisé, il faudra refroidir la crème obtenue de 50° environ à $+ 8^{\circ}$ on se servira d'un réfrigérant où l'eau d'un puits, pourra amener à $+ 20^{\circ}$ sa température ; l'abaissement jusqu'à 8° , étant obtenu par la machine frigorifique.

En prenant 0,8 comme chaleur spécifique de crème, on aura à fournir pour ce refroidissement :

$$1\ 600 \times 0,8 \times 12 = 15\ 360 \text{ frigories.}$$

On devra ensuite refroidir, pour le délaitage, 1500 litres d'eau, dont la température est supposée à + 15°, jusqu'à + 5°, ceci exige :

$$1\ 500 \times 10 = 15\ 000 \text{ frigories.}$$

Comme les 1500 litres doivent être refroidis en l'espace de 3 heures, il faut donc pouvoir compter pour ce travail, sur 5000 frigories à l'heure.

Pour le barattage, on doit pouvoir disposer de 80 kilogrammes de glace par jour, dont la production coûtera :

$$80 \times 125 = 10\ 000 \text{ frigories.}$$

Comme salle de conservation du beurre produit chaque jour, dont la quantité sera de 500 kilogrammes environ, nous adopterons une salle avec étagères, dans laquelle on pourra, en plaçant les mottes sur quatre rangs superposés jusqu'à 1^m,20 de hauteur, en loger 36 par mètre carré, soit 360 kilogrammes. Les étagères auront 0^m,66 de profondeur, et seront disposées des deux côtés de la pièce, un couloir central de 0^m,70 étant réservé pour la manutention. Les dimensions de cette salle, qui sera refroidie au moyen d'une batterie de tuyaux à ailettes située au plafond, et dans laquelle circulera une saumure froide, seront de : longueur : 3 mètres, largeur : 2 mètres, hauteur : 2 mètres.

Nous supposerons la température de l'air extérieur égale à 30°, celle du sol, 15° ; et on devra maintenir la température intérieure, à + 2°.

Dans ces conditions, la déperdition par le sol, sera de :

$$6 \times 0,7 \times 13 = 54,6 \text{ frigories à l'heure,}$$

La déperdition par le plafond et les murs, sera de :

$$26 \times 0,7 \times 28 = 509,6 \text{ frigories à l'heure}$$

Soit au total :

$$564,2 \text{ frigories}$$

En ajoutant 15 0/0 pour l'ouverture de la porte la manutention, l'éclairage (nous prenons 15 0/0 en raison de la petitesse de la pièce) nous aurons au total :

$$648 \text{ frigories à l'heure.}$$

On entre tous les jours 500 kilogrammes de beurre délaité à + 5°, dont il faut donc abaisser la température à + 2°, en prenant sa chaleur spécifique = 0,8, on aura ainsi :

$$500 \times 0,8 \times 3 = 1200 \text{ frigories.}$$

On a ainsi :

Refroidissement de la crème	15 360	frigories
Fabrication de la glace	10 000	»
Déperdition de la chambre de conserve	15 552	»
Refroidissement du beurre	1 200	»
	<hr/>	
	42 112	frigories

La machine ne devant fonctionner que 6 heures par jour devra produire :

$$\frac{42\ 112}{6} = 7\ 028 \text{ frigories à l'heure}$$

Ou environ :

7 000 frigories à l'heure.

Nous n'avons pas compris dans ce total, le refroidissement de l'eau nécessaire au délaitage, qui demandera comme nous l'avons dit 5000 frigories l'heure.

La machine devra donc pouvoir fournir au total :

$7\ 000 + 5\ 000 = 12\ 000$ frigories à l'heure.

II. FROMAGERIE

Industrie de fermentation, au même titre que la fabrication du vin, ou de la bière, il était naturel de penser que la fromagerie retirerait de l'emploi du froid de grands avantages.

C'est à Roquefort que M. Etienne Coupiac, a utilisé pour la première fois en France, le froid artificiel, et aujourd'hui on compte à Roquefort neuf installations frigorifiques.

Le froid n'intervient dans cette fabrication, que pour l'affinage, c'est-à-dire, quand le fromage proprement dit est terminé, et que la moisissure commence à apparaître à la surface. Dans le procédé séculaire, à ce moment, le fromage était emmagasiné dans des caves naturelles dont la température était de $+ 7^{\circ}$ en moyenne. Le fromage, ainsi mis en cave, doit subir tous les 12 ou 15 jours, l'opération du *revirage*, qui consiste à le racler sur toute sa surface pour enlever la couche glaireuse qui s'y forme naturellement

sous l'action de certains ferments spéciaux. Le revirage occasionne naturellement un déchet en poids ; après le troisième revirage le fromage est mûr, et une conservation plus longue lui fait perdre de sa valeur.

Le problème consistait donc, à faire intervenir le froid pour retarder à volonté cette maturation, pour les livrer quand on voudrait.

Après plusieurs essais, qui n'ont pas tous donné satisfaction pour des raisons diverses, M. Lebrou qui avait été chargé de l'étude de cette question, et à qui nous empruntons nos renseignements, a fixé les conditions dans lesquelles on devait agir.

Le froid est produit par un frigorifère à ruissellement, mais pour éviter le contact direct de l'oxygène de l'air sur les fromages soumis à la réfrigération, et les accidents de fabrication qu'il amène, les fromages sont recouverts avec une feuille de papier d'étain. Avec cette méthode, en tenant les caves à 0° , on peut conserver 8 à 10 mois les fromages, et les retirer en excellent état. Bien plus, non seulement ils sont en bon état, mais encore, cette façon d'opérer amène des modifications profondes dans les fermentations dont les fromages sont le siège, et diminue considérablement la croûte, de sorte qu'ils présentent dans toute leur épaisseur une homogénéité bien plus grande, qu'avec l'ancienne méthode.

Les fabricants de Gorgonzola, ont également mis à profit les avantages reconnus du froid, pour leur fabrication, et les fromages mûris sous

cette influence, sont reconnus comme supérieurs à ceux mûris par les anciennes méthodes.

Au congrès National de Laiterie en 1908, M. Mazé a présenté un rapport fort intéressant, sur l'utilisation du froid dans la fabrication et la conservation des fromages. Il a surtout envisagé les fromages à pâte molle.

Ici encore, le froid ne doit intervenir que pour la maturation, qui se produit d'après M. Mazé de la façon suivante :

« Une fois le fromage salé et essoré, il devient facile de ralentir les fermentations qui se déclarent par la suite.

« Leur évolution présente trois stades intéressants : le premier s'étend de la fin de l'égouttage à l'apparition de la moisissure ; le 2^o comprend toute la période pendant laquelle la moisissure prend possession de la surface du fromage ; le 3^o est caractérisé par l'apparition du « rouge » et sa prolifération, jusqu'au point où le praticien reconnaît que le fromage doit être livré aux affinateurs ».

A quel moment faut-il faire intervenir le froid ?

M. Mazé donne comme règle de le faire « juste au moment où la moisissure commence à pointer ». Ils peuvent être tenus ainsi 2 à 3 mois à une température de 0° à + 2°, en ayant soin de ne jamais descendre au-dessous de 0°, pour ne pas détruire l'homogénéité de la pâte.

Le froid permet encore de remédier à certains accidents de fabrication, particulièrement à la « coulure » résultat d'un égouttage incomplet.

En maintenant les fromages qui en sont atteints à + 3° ou + 4° pendant quelques jours, « avec une ventilation modérée », on rétablit le cours normal des fermentations.

Nous tenons à faire remarquer que pour l'installation frigorifique d'une fromagerie, il ne faut pas oublier de tenir compte de la chaleur dégagée par la fermentation du fromage.

CHAPITRE X

Charcuterie. — Salaisons.

L'industrie des salaisons, était autrefois essentiellement saisonnière, et la fabrication, surtout dans les pays chauds, comme le midi de la France, était impossible en dehors des mois d'hiver. On se trouvait par suite obligé de faire des salaisons dites « fortes » dans le type du jambon de Bayonne, pour que les pièces ainsi préparées puissent se conserver et être vendues pendant la saison chaude. Malgré les précautions que l'on prenait, les charcutiers éprouvaient bien des mécomptes,

Dans les pays au climat plus froid, comme l'Allemagne et l'Angleterre, on parvenait à préparer des salaisons moins fortes, dont le type le plus

parfait est le jambon d'« York ». Le succès toujours plus grand de ce genre de salaisons, a amené les charcutiers français, à chercher le moyen de les fabriquer, et la possibilité de produire industriellement le froid, leur a donné la solution du problème, et la possibilité de fabriquer des salaisons « douces ».

Depuis quelques années, les usines de salaisons employant les machines à froid se sont multipliées en France, nous ne pouvons les citer toutes, nous nous contenterons de noter à Paris et dans la banlieue « l'Usine Potin », « La Nationale » d'Aubervilliers, Les « Jambons Français », en province : « La Société des Frigorifiques de Bordeaux », les usines du Syndicat des Charcutiers de Marseille, et de Lyon etc... Dans ces différentes usines, à Paris principalement, on prépare des jambons imitant parfaitement ceux de York, pendant toute l'année.

Le principe fondamental, de la fabrication des salaisons « douces » au moyen du froid, est que celui-ci doit agir *avant* que l'on ne se livre aux opérations du salage, et le plus tôt possible après la sacrifice de l'animal. En Angleterre, où de nombreuses usines se livrent à la fabrication du « Bacon », dans des chambres froides, toutes comportent un abattoir de telle sorte que les animaux sont tués à l'usine même, et qu'on n'emploie pas pour la fabrication de viandes provenant de loin, et ayant été échauffées par le voyage. En opérant autrement on aura toujours des déboires. Les usines de salaisons de Chicago, travaillent de la

même façon, et en France, l'usine de la « Nationale » pour la construction de laquelle on s'est inspiré de ce qui se fait dans cette dernière ville, comprend un abattoir.

Dans les usines anglaises, on a donc d'abord une porcherie, dans laquelle on conserve les porcs depuis le moment de leur livraison, jusqu'au moment du sacrifice.

C'est généralement le matin, que l'on tue les animaux désignés, les abattoirs sont disposés de façon à ce que le travail se fasse très rapidement, on ne compte pas plus de deux minutes par abattage. Quand les opérations d'échaudage, et nettoyage des carcasses sont terminées, on les suspend dans l'antichambre ou chambre de « ressuage » où ils se refroidissent, on ne doit pas les refroidir plus bas que 8° C. Arrivé à cette température, on arrange les deux côtés en vue du salage et on les introduit dans la chambre froide. La température de la viande doit atteindre + 3° C, qui est la plus favorable au salage ; la réfrigération doit être produite par de l'air froid et sec, le degré hygrométrique maintenu entre 70 0/0 et 75 0/0. On vérifie la température de la viande, au moyen d'un thermomètre spécial, introduit au bout de la cuisse.

Quand la viande est refroidie à + 3°, on la sale immédiatement à la pompe, en lui injectant dans 14 endroits, une saumure dont voici une recette :

26 k.	sel
2 k. 375	salpêtre
2 k. 375	sucré de canne
2 k. 375	« dry antiseptic »

pour 100 litres d'eau. Cette saumure doit peser pour l'emploi, 100°, au pèse-saumure « Douglas ».

Quand les côtes sont ainsi salées, on les enduit de saumure sur leur surface, avec une brosse douce, et on les place sur les lits de salage où on les couche les unes sur les autres, en plaçant chaque côté des parties ventrues vers l'extérieur, on met ainsi 5 couches superposées. Avant de placer les couches l'une sur l'autre, on les saupoudre de salpêtre et de sel. On obtient du lard « salé doux » au bout de 7 à 14 jours, la température étant de + 5° C.

Pour l'obtention du jambon, en France, on sale dans la saumure, dans des cuves en ciment.

D'après M. Pintaud (Congrès de Toulouse 1912) il faut que l'installation frigorifique comprenne :

- 1° Une salle d'arrivée ;
- 2° Une salle de salaison ;
- 3° Une salle d'égouttage ;
- 4° Une chambre de conservation.

Il indique pour les bacs à saumure, les dimensions suivantes ; 1^m,80 × 1^m,20 × 1^m 20. La température de la saumure doit être maintenue à + 2° très constamment. Le froid doit être produit par rayonnement, pour ne pas avoir une atmosphère trop sèche.

On obtient ainsi, avec de la saumure à 12° ou 14°, des jambons de salaison douce, genre York, très appréciés, au bout de 25 à 30 jours.

Les jambons sortis des cuves de saumure, sont portés dans la chambre d'égouttage tenue à 5°

ou 6°, où étant suspendus, ils sèchent. Ils ne doivent pas y rester plus de 15 jours.

Pour une conservation plus longue, les jambons sont placés dans une chambre maintenue entre 0° et — 1°, avec un degré hygrométrique de 70 0/0 environ.

Les jambons à « salaison forte » sont salés au sec toujours à — 3°, ils sont ensuite lavés, et on les suspend alors dans la chambre d'égouttage comme les autres. Leur fabrication demande de 40 à 45 jours.

Dans certaines usines, on prévoit également une chambre de congélation, dont la température est de — 5°.

Dans la plupart des usines de salaisons, on doit prévoir une marche de quelques heures seulement par jour, pour la machine frigorifique. Dans ce cas, pour combattre les déperditions, on se sert d'accumulateurs de froid, constitués par des cylindres en tôle disposés contre les murs, ou au plafond, et où la saumure froide forme un volant de froid considérable. C'est une solution qui a été adoptée plusieurs fois par la maison de construction Delion et Lepen.

CHAPITRE XI

Transports.

—

SOMMAIRE. — I. Wagons frigorifiques. — II. Bateaux frigorifiques. — III. Navires de guerre.

C'est vers le milieu du siècle dernier, qu'un employé d'une compagnie de chemin de fer anglaise, a eu l'idée de refroidir les wagons servant au transport des denrées périssables.

L'intérêt des wagons et bateaux frigorifiques est considérable, et c'est grâce à eux que l'industrie frigorifique a pu se développer comme elle l'a fait. S'il est en effet, très intéressant de pouvoir conserver, comme on le fait dans les entrepôts frigorifiques, les matières alimentaires ; viande, volaille, etc., il est encore bien plus intéressant de pouvoir les amener en bon état, sur les lieux de consommation ou de vente. Si on ne pouvait réaliser le transport frigorifique, les usines et entrepôts n'auraient pas leur raison d'être. Le bateau ou le wagon frigorifique, est l'organe de liaison indispensable, entre l'entrepôt établi sur les lieux de production, et celui établi sur les lieux de consommation.

En dehors même des denrées réfrigérées dans les usines frigorifiques avant leur expédition, le

wagon frigorifique est indispensable, pour assurer dans de bonnes conditions le transport des matières alimentaires, expédiées journellement des pays producteurs, sur les grands marchés. Si nous prenons pour exemple, ce qui se passe pour l'approvisionnement des Halles Centrales de Paris, tout le monde sait les avantages que le service journalier des wagons réfrigérés sur l'Orléans, procure aux expéditeurs de ce réseau. Si ce système était appliqué sur toutes les compagnies, verrait-on pendant l'été des quantités de viande allant jusqu'à 10.000 kilogrammes saisies par l'inspection vétérinaire ? Il ne faut pas oublier que la viande ainsi saisie, est perdue pour tout le monde : expéditeur et consommateur, et par ce temps de cherté, ce serait pour tous un avantage, que de la voir arriver en bon état. Nous citerons encore le service des wagons frigorifiques qui assurent le transport journalier du beurre des Charentes. Les producteurs des régions ne disposant pas de wagons semblables, ont dû demander l'autorisation de faire raffermir leur beurre en chambres froides, à leur arrivée, pour ne pas subir une perte de 25 à 30 0/0 de leur valeur.

Devant les avantages offerts par les transports frigorifiques, on ne peut que déplorer, qu'ils ne se développent pas davantage chez nous, où ils rendraient des services inappréciables, pour l'approvisionnement des grands centres.

I. WAGONS FRIGORIFIQUES

Les wagons frigorifiques sont des wagons construits et aménagés de façon à ce que les denrées qui y sont enfermées, restent tout le temps de leur transport à basse température, et ne subissent pas les influences des variations de la température extérieure.

On peut les classer en deux types :

1° *Les wagons réfrigérés ;*

2° *Les wagons réfrigérants.*

Les premiers sont des wagons où, par suite de l'emmagasinement de la glace dans des réservoirs disposés à la partie supérieure, la température est maintenue inférieure à ce qu'elle serait normalement, mais où les marchandises chargées, ne sont pas refroidies.

Dans les wagons réfrigérants, un système de production du froid assure non seulement la constance de la température, mais encore, peut refroidir les marchandises et les amener à une température inférieure à celle qu'ils avaient lors de leur introduction.

Dans les wagons réfrigérés, la glace est placée dans des caisses en tôle à la partie supérieure du wagon. Il s'établit donc une circulation d'air naturelle, qui assure l'uniformité de température à l'intérieur. L'eau de fusion provenant de la glace, s'écoule hors du wagon, par des canalisations spéciales. Les premiers wagons mis en service sur le réseau de l'Etat français, étaient tout

simplement des wagons ordinaires pour le transport des animaux vivants, à l'intérieur desquels on avait construit une caisse qui était isolée des parois du wagon proprement dit, par une couche d'isolant ; en face des portes coulissantes du wagon, des portes pivotantes donnaient accès à l'intérieur. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer combien ces wagons sont primitifs, au point de vue de leur utilisation, et ceux appartenant à des compagnies particulières, sont bien mieux construits.

Ces wagons de l'Etat, ne peuvent emporter qu'une charge de glace et on est obligé, si on veut la remplacer, d'ouvrir le wagon, on doit donc, en cas normal, considérer que la charge ne pourra être renouvelée pendant le trajet. En second lieu, par ce système même de réfrigération, l'atmosphère du wagon est toujours saturée d'humidité. Ils ne sont en somme utilisables, que pour de courts trajets.

Les wagons de la Société des « Magasins et transports Frigorifiques », sont beaucoup mieux compris. Et d'abord, ils sont construits spécialement en vue de l'usage auquel ils sont destinés. La glace se met de l'extérieur du wagon, ce qui permet de renouveler le chargement suivant les besoins, et de maintenir mieux la constance de la température, au besoin même, de l'abaisser ; enfin, ils sont ventilés par la partie supérieure, ce qui contribue à rendre l'atmosphère meilleure au point de vue hygrométrique.

Dans les wagons réfrigérants, la température est-

abaissée, au moyen de saumure froide circulant dans des batteries de tuyaux placés au plafond du wagon, ou même par une véritable machine frigorifique. Nous citerons parmi ceux ainsi réfrigérés, ceux que la Compagnie des Wagons aérothermiques a fait construire.

Dans ces wagons, il y a une véritable machine frigorifique comprenant un compresseur qui est actionné directement par un des essieux du wagon, ou par une dynamo recevant le courant d'une génératrice actionnée par l'essieu ; 2 condenseurs, formés de deux caisses à eaux placées à chaque extrémité du wagon, fonctionnant de telle sorte que le fluide vaporisé provenant de l'un, est liquéfié à nouveau dans l'autre ; un réfrigérant formé par un serpentín réunissant les deux condenseurs, et tapissant le plafond du wagon. Le parcours du cycle par le fluide frigorigène, est assuré par un double système de détendeurs et de tuyauterie. Les wagons, équipés électriquement, le sont de telle sorte, que le système de production du froid s'arrête quand la température minima que l'on désire est obtenue, et fonctionne à nouveau automatiquement quand la température remonte au-dessus de celle-ci. Enfin, dans les gares, on peut brancher la dynamo de commande du compresseur sur une canalisation de force électrique, et continuer ainsi à réfrigérer le wagon. Comme on le voit, ces wagons, sont de véritables petites usines frigorifiques dans lesquelles on peut refroidir les marchandises transportées.

Lors du 2^e Congrès du froid à Toulouse, une société a présenté un nouveau type de wagon réfrigérant nommé wagon « Frigator ». Ce wagon est refroidi par une saumure circulant dans une batterie de tuyaux placés au plafond ; la saumure est refroidie elle-même par son passage sur un mélange de sel et de glace, ou plutôt dans deux compartiments successifs contenant l'un du sel l'autre de la glace. On a ainsi un abaissement de température analogue à celui que nous avons indiqué dans notre premier chapitre, en parlant des mélanges réfrigérants. La circulation du liquide incongelable est assurée par une pompe actionnée par l'essieu du wagon. Le wagon parti de Malmoë (Suède) est arrivé à Toulouse 7 jours après, après un parcours de 2500 kilomètres (la traversée de la Baltique s'est effectuée sur un ferry-boat), un quartier de viande fut déchargé pour être servi au banquet du Congrès, puis le wagon avec son chargement est reparti pour Paris, où il est arrivé après dix jours de voyage total, et un parcours de 3200 kilomètres. La viande composant son chargement : 3500 kilogrammes de bœuf et de porc, a été vendue aux Halles Centrales, un prix normal. Pendant tout le trajet, la température du wagon avait été de + 4° à + 5°.

Ces wagons peuvent assurer le transport de denrées congelées, en les maintenant à — 2° et — 3°.

Comme on le voit, par l'exemple ci-dessus, ils sont capables d'accomplir de longs voyages.

La machinerie de ces wagons, occupe fort peu de place, et est logée à une extrémité dans une sorte d'armoire.

Nous ferons remarquer que, pour tous les systèmes de wagons réfrigérants, où des engins mécaniques sont en mouvement pendant la marche du train, et actionnés par ce dernier, il y a toujours à craindre un dérangement possible de ces engins ; et, en somme, ces systèmes n'offrent qu'une sécurité relative.

Nous n'avons pas à ajouter, que pour que les wagons, appartenant à n'importe quel type, aient une valeur, il est nécessaire avant tout qu'ils soient isolés très soigneusement.

Valeur comparée des différents types de wagons frigorifiques.

En Danemark, on a fait des expériences pour déterminer la valeur des divers types de wagons frigorifiques. Ces expériences ont porté sur deux wagons réfrigérés à la glace, et un wagon réfrigérant. Tous trois étaient de « construction identique et peints en blanc ».

Dans le wagon réfrigérant, le froid était produit pendant tout le trajet, par l'évaporation d'une certaine quantité d'ammoniac liquide, qui se dissolvait dans un réservoir d'eau ; c'était en somme une machine à affinité. Le wagon était refroidi par un serpentín placé à la partie supérieure, où se détendait l'ammoniac.

Les wagons réfrigérés, comprenaient chacun 4 porte-glaces construits en grillage galvanisé,

au-dessous de chacun, se trouvait une gouttière pour recueillir et éliminer l'eau de fusion. Ce système a, sur ceux que nous avons décrits, l'avantage que la circulation naturelle qui s'établit dans le wagon, amène l'air réchauffé au contact direct de la glace, où il se dessèche.

Les essais eurent lieu en 1900 de deux façons :

- 1° En station ;
- 2° En mouvement.

Les premiers eurent lieu à la gare de Frederiksberg.

Les wagons réfrigérés étaient chargés de 600 kilogrammes de glace, et le wagon réfrigérant, de 80 kilogrammes d'ammoniac et 200 kilogrammes d'eau.

Dans les wagons réfrigérés, la température minima 8°, fut atteinte à 9 heures du matin, dans le wagon réfrigérant le minimum 8°,7 ne fut obtenu qu'à midi, et était alors égal à la température des deux premiers.

Pour abaisser de 1° au-dessous de la température de l'air extérieur, celle de l'air du wagon, il a fallu en moyenne 1^k,637 de glace, et 0^k,535 d'ammoniac.

Le degré hygrométrique fut toujours plus bas dans le wagon réfrigérant que dans les autres.

Cette expérience, qui a duré 14 heures, a montré que, le « matériel réfrigérant étant renouvelé « tous les jours, la température des wagons restait sensiblement la même d'un jour à l'autre, « de plus, la température du wagon à ammoniac « était presque indépendante de la température de

« l'air extérieur, tandis que celle des wagons à
« glace subissait des variations sous l'influence de
« cette dernière ».

Les consommations comparées de glace et d'ammoniac ont montré une proportion de 1 kilogramme de glace, pour 0^k,330 d'ammoniac.

Les expériences *en mouvement* avec wagons vides, confirmèrent les premiers résultats. Elles montrèrent en outre qu'il existe une relation, entre la consommation de matière réfrigérante, et l'état hygrométrique de l'air extérieur. Quand celui-ci s'élève, la consommation de glace ou d'ammoniac s'élève également.

Les expériences *en mouvement*, avec un chargement de jambons, n'ont rien montré de nouveau.

II. BATEAUX FRIGORIFIQUES

Les bateaux frigorifiques, sont employés pour le transport des denrées frigorifiées dans leur pays d'origine, et qui doivent être expédiées au loin pour la consommation. Ce sont des cargo-boats spécialement aménagés, et pourvus de la machinerie nécessaire; ce sont en somme, de véritables entrepôts frigorifiques flottants.

En dehors de cette application à des bateaux entiers, les grands paquebots modernes, comprennent tous des installations frigorifiques plus ou moins importantes, pour la conservation des denrées alimentaires qu'ils emportent, pour la durée de leur voyage.

Enfin les navires de guerre modernes, comportent des soutes à munitions réfrigérées artificiellement, pour éviter l'échauffement des cargaisons de poudres.

Nous avons raconté ailleurs, comment Tellier avait aménagé le premier bateau frigorifique qui ait existé, pour transporter des viandes frigorifiées de France en Amérique, et vice-versa.

Les Anglais se sont rapidement spécialisés dans ce genre de transports, et il y a encore peu d'années, il n'y avait comme navires frigorifiques, que des navires battant pavillon du Royaume-Uni. Actuellement encore, s'ils n'ont plus le monopole de ces bateaux, ils en possèdent encore la majorité.

Les principes qui doivent servir de guides, dans la construction des usines frigorifiques à terre, sont ceux qui doivent également guider dans la construction des bateaux frigorifiques. Au premier plan, se pose la question de l'isolation qui, comme à terre, joue un rôle très important. Il est nécessaire, avant de la poser, de bien vérifier la construction de la coque, et en particulier les parties rivées, de façon à être sûr qu'elles ne présentent pas de défauts d'étanchéité, qui amèneraient la détérioration rapide de l'isolation. On peut placer celle-ci directement sur la coque du navire, ou sur un doublage en bois appuyé sur celle-ci. Les Anglais qui emploient souvent comme isolant le « charcoal », estiment qu'en le mettant directement sur la coque, on évite l'oxydation de celle-ci. Dans

toute l'isolation on doit prévoir des panneaux mobiles pour les écoutes, les trous d'homme des soutes à lest etc...

Comme machines, on a employé les machines à air, abandonnées aujourd'hui, les machines à ammoniac, et à acide carbonique. Ces dernières sont actuellement très en faveur pour cet usage, à cause de leur peu d'encombrement, et de l'innocuité de l'acide carbonique en cas de fuite.

Le refroidissement peut être obtenu par rayonnement au moyen de batteries de tuyaux à circulation de saumure, placés au plafond des soutes, ou par ventilation au moyen d'un frigorifère répartissant l'air froid dans les diverses cales, au moyen d'un ventilateur. Il est à remarquer que comme les bateaux prennent une cargaison complète d'une seule sorte de denrées, il est inutile de prévoir un frigorifère pour chaque soute, puisqu'on n'a pas à craindre les mélanges d'odeurs ; il faut, par contre, prévoir un dispositif de changement d'air, permettant l'évacuation rapide de l'air, des cales quand la cargaison est déchargée, et qu'elle doit être remplacée par une autre, qui peut être composée de denrées différentes.

Il faut avoir soin de ne pas faire de cales trop profondes, pour que dans le cas où on transporte des marchandises congelées, l'amoncellement de ces dernières sur une trop grande hauteur, n'amène pas un excès de pression qui pourrait causer la détérioration de celles placées directement sur le fond des cales. Il vaut donc mieux les séparer par des plafonds intermédiaires.

Parmi les navires frigorifiques français, nous citerons les cargos « Maroni » et « Basse-Terre » de la C¹e Transatlantique, aménagés spécialement en vue du transport des bananes des Antilles.

L'installation comprend deux groupes frigorigènes à ammoniac, placés l'un à babord l'autre à tribord. Les compresseurs sont du type compound, la compression de l'ammoniac s'y fait donc en deux temps. Ce système réduit au minimum l'effet des espaces nuisibles, ainsi que les fuites au presse-étoupes ; il est également avantageux pour fonctionner avec des eaux de condensation très chaudes comme le sont celles des Antilles, dont la température moyenne est de + 30°. Dans de telles conditions, la pression à la compression est de 15 à 16 kilogrammes, mais sur le presse-étoupes elle ne dépasse pas 3 à 4 kilogrammes.

Le condenseur est logé dans le bâti des compresseurs, qui est commun également aux machines motrices à vapeur ; l'encombrement est ainsi très réduit.

Le réfrigérant, unique pour les deux machines, est un réfrigérant ordinaire à serpentins de tubes d'acier.

Les deux frigorifères sont secs, et à circulation de saumure. Il était nécessaire de prévoir un renouvellement fréquent de l'air des cales, pour éliminer l'acide carbonique provenant des fruits eux-mêmes, un dispositif très ingénieux permet ce renouvellement plusieurs fois par jour. Ce dispositif consiste en deux tuyaux munis de papillons, pour la fermeture et l'ouverture, et placés, celui

d'aspiration de l'air en relation avec l'aspiration du ventilateur, et celui d'évacuation, en relation avec le refoulement.

La température des cales, est maintenue à $+ 12^{\circ}$. Un dispositif est prévu, pour pouvoir, au cas, d'un changement de température correspondant à un changement de latitude, non plus refroidir, mais réchauffer les cales, pour les maintenir toujours à $+ 12^{\circ}$. En somme, celles-ci sont plutôt des cales « Isothermes », que des cales réfrigérées.

La puissance des deux groupes est d'environ 35000 frigories à l'heure chacun, ils sont prévus de telle sorte qu'en cas d'accident, un seul des deux puisse assurer la constance de la température.

Cette installation a été faite par la Maison Cail.

La même Société a installé sur le paquebot « France », un certain nombre de chambres froides refroidies par circulation de saumure, sauf celle des viandes, qui est refroidie par un frigorigère à ruissellement. Cette dernière seule a une capacité de 147,4 mètres cubes.

En 1908 (Industrie Frigorifique, février 1908), M. le professeur Marchis, a décrit l'aménagement frigorifique de chalands destinés à transporter sur l'Elbe, des pays de production jusqu'à Hambourg, les bières de Bohême, et de Bavière.

Ces chalands sont refroidis par des machines à acide carbonique de la Société Linde, actionnées par des moteurs à essence. Pendant tout le trajet, la bière est maintenue entre $+ 2^{\circ}$ et $+ 5^{\circ}$. Le système de refroidissement est par rayonne-

ment, à détente directe. La puissance frigorifique des compresseurs, est de 16 000 frigories-heures.

III. NAVIRES DE GUERRE

M. Lefebvre directeur de la « Société du Froid Industriel », a exposé dans une série d'articles parus dans la *Technique Moderne* en 1912, les principes qui doivent être appliqués pour obtenir les meilleurs résultats dans la réfrigération des soutes à munitions sur les navires de guerre. Le problème est d'une importance très grande, pour les marines de guerre, qui utilisent actuellement des poudres du type de la poudre B de la marine française ; le souvenir des accidents survenus en ces dernières années par la combustion spontanée de ces poudres, est présent à la mémoire de tous, et suffit à faire comprendre l'importance de cette question.

La réfrigération peut être obtenue par une machine frigorifique unique, ou par plusieurs machines de puissance moindre. M. Lefebvre préconise le second système, en faisant observer avec juste raison qu'en cas d'avarie, on peut s'arranger de façon à faire fonctionner la machine prévue pour la réfrigération d'un groupe de soutes, sur le groupe voisin.

Voici comment il indique que doit être constituée une telle installation.

- « Une machine frigorifique par groupe de soutes ;
- « Un frigorigère par sous-groupe accouplé avec
- « son ventilateur électrique.

« Une pompe électrique pour la circulation de l'eau de mer refroidie ou non.

« Les canalisations d'air et d'eau de mer avec les branchements et dérivations nécessaires.

« Les canalisations collectrices de sécurité raccordent les trois groupes de soutes.

« S'il est possible, une machine frigorifique et une pompe de rechange de puissance au moins égale à celles des machines en place. »

Comme on le voit, chaque groupe comprend une machine, et est divisé en sous-groupes comprenant chacun un frigorifère.

Il est nécessaire de prévoir un renouvellement journalier de l'air, pour éliminer les vapeurs d'éther dégagées par les poudres, et permettre le séjour des soutes aux hommes de l'équipage. La quantité d'air à introduire chaque jour dans des soutes contenant un poids p . de poudre, est donnée par la formule :

$$R = \frac{p}{75}.$$

Pour un cuirassé de 15000 tonnes ayant à bord 150000 kilogrammes de poudre, ceci fait 200 mètres cubes d'air à introduire chaque jour.

Pour obtenir une température constante (+ 14°) et un degré hygrométrique également constant, il ne faut pas arrêter plus de 4 heures par jour : la marche doit donc être prévue de 21 heures.

Les soutes sont munies d'appareils de contrôle ; thermomètres, hygromètres etc., et d'appareils avertisseurs, qui signalent les montées de température.

Les seules machines pouvant être employées dans les marines de guerre, sont celles à anhydride carbonique, ou celles à vapeur d'eau, nous avons déjà exposé pourquoi.

Les unes comme les autres ont reçu de nombreuses applications dans la Marine Française. Il est à remarquer que les machines à vapeur d'eau système Leblanc, sont particulièrement avantageuses dans cette application, parce que la température relativement élevée à laquelle on maintient les soutes, ne nécessite pas l'obtention d'un vide trop avancé dans la machine, et de plus que l'eau de condensation dont on dispose dans les pays tropicaux étant très chaude (de $+ 21^{\circ}$ à $+ 32^{\circ}$) le rendement des machines à acide carbonique se trouve le moins bon, au moment où précisément il est nécessaire de refroidir plus énergiquement les soutes.

Les constructeurs français, ont acquis une grande expérience dans cette application des machines frigorifiques, et ont réussi à obtenir des commandes pour les marines de guerre étrangères, notamment pour la marine russe.

CHAPITRE XII

Le Froid dans les travaux publics

SOMMAIRE. — Congélation des terrains. — Forage des puits de mine.

C'est en 1886 que l'on appliqua pour la première fois dans le forage d'un puits aux mines d'Anzin, la congélation artificielle du sol, par le procédé Petsh. Depuis, ce procédé est employé couramment pour des travaux semblables, et pour d'autres également. Nous citerons également l'application qui en a été faite en ces dernières années, pour la construction d'une portion du tunnel du chemin de fer Métropolitain à Paris, sous la place Saint Michel.

La méthode employée, lorsqu'il s'agit d'un puits de mine, consiste à forer, sur la circonférence d'un cercle dont le diamètre est d'environ 1^m,50 plus grand que celui du puits de même axe que l'on veut creuser, des trous distants les uns des autres de 1 mètre (*fig. 71*) dans lesquels on introduit des tubes où l'on fait circuler une saumure refroidie par une machine à glace. La circulation de cette saumure froide, amène la congélation des couches de terrain aquifère, que

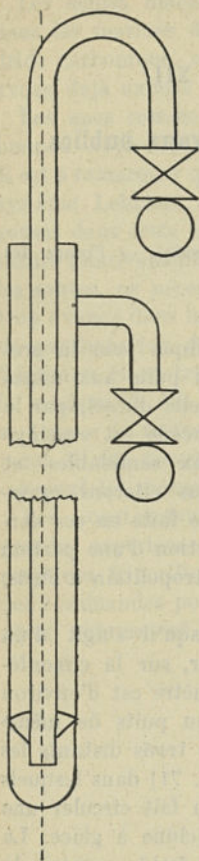


Fig. 71.

les tubes traversent sur leur parcours. Il se forme ainsi un bloc de terrain congelé, dans lequel on peut creuser, par les moyens ordinairement employés, le puits, sans avoir à craindre les éboulements, ni les inondations.

La saumure, refroidie dans le réfrigérant de la machine, est refoulée par des pompes centrifuges, dans un collecteur, qui la distribue dans chacun des systèmes de tubes réfrigérants. Ces derniers sont constitués par deux tubes concentriques. L'arrivée de la saumure se fait par le tube central dont le diamètre est généralement de 30 millimètres; la vitesse de la saumure dans ces tubes est de 1 à 2 mètres par seconde. La saumure remonte dans l'espace annulaire formé par les deux tubes, le tube extérieur ayant généralement 130 millimètres de diamètre; la vitesse de la saumure dans cet espace annulaire, est de 0^m,15 par seconde. Une vitesse plus

grande, donnerait une mauvaise utilisation du froid. Les tubes extérieurs se raccordent sur un collecteur de retour, par lequel la saumure retourne au réfrigérant.

Les système de tuyaux réfrigérants ainsi constitués, transmettent 250 frigories par heure et par mètre carré de surface.

La congélation du sol se fait petit à petit autour des tubes, et on considère qu'on est arrivé au point d'équilibre, lorsque toute la partie interne du cercle limité par les tubes réfrigérants est congelée, et que la congélation, s'étend à l'extérieur du cercle des tubes, à une distance de 0^m,50. Ce résultat n'est atteint qu'au bout d'un certain temps, généralement de 30 à 40 jours ; à partir de ce moment, la machine n'a plus qu'à faire face aux déperditions régulières par la périphérie du bloc de terrain congelé.

Pour suivre les progrès de la congélation du sol, on fore des trous semblables à ceux destinés à recevoir les faisceaux réfrigérants, en plusieurs points de la surface du terrain à congeler, et on laisse ces trous de forage ouverts, on peut ainsi suivre la formation de la glace à l'intérieur, et se rendre compte des progrès de la congélation dans la masse du terrain.

Les difficultés que l'on rencontre pour établir un réseau de congélation comme celui que nous venons de décrire, sont très grandes. On a été pendant longtemps obligé de limiter la profondeur des trous de forage, en raison de la difficulté qu'il y a à les creuser bien verticaux. Or,

il est de la plus haute importance, qu'ils le soient, autrement, si les trous s'écartent les uns des autres au fur et à mesure que la profondeur augmente, la congélation n'est pas régulière, et on s'expose à de graves accidents en forant le puits; il n'y a pas bien longtemps, que l'on considérait la profondeur de 250 mètres, comme le maximum où l'on pouvait descendre en toute sécurité. Aujourd'hui, on dispose de procédés de forage permettant d'assurer la verticalité des trous destinés à recevoir les tubes congélateurs, et on descend à des profondeurs plus grandes. Au puits de la « *Gewerkchaft Lohberg* », en Allemagne, on est descendu jusqu'à 315 mètres de profondeur. Dans les charbonnages de la Campine, en Belgique, on compte utiliser la congélation du sol à des profondeurs variant de 320 à 380 mètres.

On se trouve en présence d'une autre difficulté, lorsque les tubes congélateurs se trouvent près d'une nappe d'eau souterraine, la congélation devient alors très difficile et parfois impossible; nous verrons pourtant qu'il ne faut pas toujours considérer ce cas comme empêchant absolument l'utilisation de ce procédé. En tous cas, on ne peut réussir, qu'avec une dépense de froid beaucoup plus grande, puisque l'existence d'une nappe d'eau au voisinage de la périphérie de la portion de terrain congelé, cause nécessairement une augmentation considérable des pertes de froid.

La présence, dans les couches géologiques traversées, d'eaux très chargées en sels minéraux, cause également une dépense de froid plus grande

que celle prévue pour des terrains ordinaires, par suite de l'abaissement de température plus grand que l'on se trouve obligé de réaliser, pour congeler ces eaux, dont le point de congélation est notablement inférieur à 0°. Cependant, ce n'est pas là encore une impossibilité absolue d'arriver au résultat final, et on a des exemples notamment dans les mines du Hanovre, où on est arrivé à congeler des terrains, malgré la présence d'eaux chargées en chlorure de sodium.

Nous estimons qu'on ne peut donner de marche générale, pour les calculs d'une installation de ce genre, parce que avec chaque cas, les conditions, qui sont les facteurs dont on doit tenir compte, varient. En tous cas, il faut toujours calculer très largement, pour faire une part suffisante à l'imprévu.

Parmi les accidents provenant de l'installation elle-même, qui peuvent se produire, il faut signaler la rupture d'un tube congélateur, entraînant des fuites de saumure dans le terrain congelé. Ces fuites, provoquent naturellement la décongélation du terrain, et peuvent ainsi causer de graves accidents. Il est donc nécessaire d'employer des tubes d'excellente fabrication, et d'éprouver l'installation à haute pression, avant de la mettre en route.

Pour être sûr de la bonne marche d'une semblable installation, et éviter tous les accidents pouvant se produire, il est nécessaire de pouvoir vérifier le fonctionnement de l'installation entière, et celui de chaque système de tubes congé-

lateurs à tout instant. A cet effet, M. Castéra ingénieur de la Société Fixary, a exposé au Congrès de Toulouse (1912), les dispositions très simples qu'il a adoptées pour les installations de ce genre.

Les réfrigérants sont munis de flotteurs à contact électrique, de façon à ce qu'on soit prévenu immédiatement en cas de rupture d'un tube congélateur. Dans ce cas, on arrête toute l'installation, et on essaie les circuits congélateurs les uns après les autres. Ceci est d'autant plus facile, que chacun d'eux porte sur sa canalisation de retour, un bac jaugeur avec orifice Poncelet, permettant, par une simple lecture, de connaître le débit de saumure du circuit.

Cette disposition, permet également de vérifier la quantité de chaleur absorbée par chaque circuit, et, au besoin, de modifier l'installation, pour répondre aux conditions qu'elle doit remplir.

En effet, si t_e est la température de la saumure à l'entrée d'un circuit de tubes, et t_s , sa température à la sortie ; q_n le débit mesuré au bac jaugeur correspondant, et c la chaleur spécifique de la saumure, la chaleur absorbée par le circuit est :

$$Q = q_n \times c \times (t_s - t_e).$$

Si le terrain est de composition homogène, tous les circuits devront absorber une quantité de chaleur sensiblement égale. Si le terrain présente des fissures, ou qu'en certains points, le voisinage d'une nappe d'eau souterraine se fasse sentir ; la différence : $t_s - t_e$ variera pour le circuit soumis à cette influence particulière, et elle

sera plus grande que dans les autres circuits. Pour que la congélation du terrain soit bien égale partout, il faut que t_s soit la même pour tous les circuits, pour y arriver, il n'y aura qu'à augmenter la section du tube intérieur du système, pour lequel t_s ne sera pas égale aux valeurs trouvées sur les autres circuits.

Nous croyons intéressant de donner quelques renseignements sur l'installation de congélation du sol, établie sur la place Saint-Michel, lors de la construction du tunnel du Métropolitain, passant à cet endroit sous la Seine. Cette installation a été décrite à l'époque dans différentes revues, notamment dans la «*Technique Moderne, le Génie Civil, l'Industrie Frigorifique, l'Illustration*», nous empruntons à toutes ces descriptions, les détails qui vont suivre.

Pour éviter tout affaissement, ou mouvement de terrain de la ligne d'Orléans, passant le long de la Seine, et sous laquelle passe le tunnel du Métropolitain, on a résolu d'employer la congélation du sol.

Le terrain à congeler, essentiellement aquifère, était situé en grande partie, au-dessous du lit de la Seine ; la masse à congeler a été évaluée à environ : 750 mètres cubes d'eau, et 1400 mètres cubes de terrain solide. Une partie de ce terrain était située immédiatement sous la Seine, et on établit au-dessus, un remblai jusqu'à 1 mètre au-dessus du niveau de l'eau, protégé par une enceinte de pieux et de planches. On forait dans ce remblai 60 trous de 0^m,25 de diamètre, et de

17 mètres de profondeur, descendant ainsi à 1 mètre au-dessous du radier du tunnel. Les trous de forage étaient écartés de 1^m,20 environ les uns des autres, et l'ensemble formait un vaste espace triangulaire, comprenant deux triangles l'un renfermé dans l'autre. Les trous ainsi forés furent tubés avec des tubes de tôle rivés.

La longueur totale des circuits congélateurs, était de 970 mètres.

On avait foré des tubes témoins pour suivre les progrès de la congélation.

Le froid était produit par deux usines frigorifiques, l'une installée sur la place Saint-Michel, d'une puissance de 130000 frigories-heure, et l'autre sur le bas-port d'une puissance de 70.000 frigories-heure.

L'usine de la place Saint-Michel comprenait deux moteurs à gaz pauvre de 100 chevaux, pour actionner le compresseur. Celui de l'autre usine, était actionné par l'énergie électrique fournie par le secteur.

Les compresseurs étaient des compresseurs Linde.

En dehors des pompes centrifuges, assurant la circulation de la saumure dans les circuits de tubes congélateurs, on avait prévu une pompe multicellulaire pouvant produire une pression de 15 kilogrammes, pour rétablir la circulation, dans le cas où un dépôt de chlorure de calcium dans un tube aurait amenée une obstruction.

La saumure au chlorure de calcium, de densité 30° Baumé, était maintenue à — 20°.

Les systèmes de tubes réfrigérants, étaient composés, d'un tube central de 35 millimètres de diamètre, et d'un tube enveloppant, de 100 millimètres de diamètre.

La congélation du terrain, indiquée par le gel complet des tubes témoins, fut obtenue après un mois de marche.

Pour éviter l'influence des courants d'eau dus au voisinage de la Seine, on avait construit, dans le souterrain déjà achevé du côté de la Seine, un batardeau avec remblai ; du côté de la galerie venant de la place Saint-Michel on construisit de même un mur étanche.

Malgré cela, trois mois environ après la mise en route de l'installation, les travaux déjà très avancés, furent complètement inondés par une nappe d'eau, qui passant sous le quai amont, et les fondations de la gare d'Orléans vint remplir le tunnel déjà creusé. On fut obligé de couper la nappe d'eau par un batardeau construit le long du quai, puis ce travail terminé, on épuisa l'eau de la galerie, en trois ou quatre jours. On craignait que cet accident n'ait amené la décongélation du massif, et au contraire, on constata la formation d'un mur de glace à la place du mur étanche précédemment construit du côté de la place Saint-Michel.

CHAPITRE XIII

Industries diverses utilisant le Froid

—

SOMMAIRE. — I. Le froid dans la fabrication du chocolat. — II. Le froid dans la fabrication des produits caoutchoutés. — III. Les palais de glace.

I. LE FROID DANS LA FABRICATION
DU CHOCOLAT (1)

Le bon chocolat, après sa fabrication, est laissé 48 heures dans une étuve à 60° pour lier la pâte, et obtenir une bonne homogénéité.

La pâte, au sortir de l'étuve, est rebroyée et pétrie à nouveau, et enfin, manipulée à l'air libre par un ouvrier exercé, de façon à ce que sa température soit ramenée à + 25° environ. Elle ne doit pas excéder + 28°, parce qu'à partir de cette température, si on le soumet à l'action du froid, le chocolat se marbre, blanchit et colle au moule, de telle sorte que même à basse température (0°

Les renseignements qui suivent nous ont été fournis en grande partie par M. Gay, chef-mécanicien du Frigorifique des Halles, qui a longtemps pratiqué cette industrie.

par exemple) on ne peut plus arriver à le décoller.

Le chocolat se refroidit à $+ 10^{\circ}$, au maximum $+ 14^{\circ}$. En voulant le démouler à plus basse température, on s'expose à une condensation abondante au moment où on le sort de l'appareil, et on peut ainsi le détériorer. Au lieu d'une belle teinte acajou sombre, il blanchit rapidement et est peu présentable.

Le refroidissement doit se faire en ventilant très énergiquement, pour éliminer les gaz chauds provenant de l'introduction régulière du chocolat dans l'appareil réfrigérant, pour une fabrication continue.

Plus la pâte est grasse et chargée en beurre de cacao, moins il est nécessaire de la démouler à basse température ; c'est ainsi que l'enrobage des bombons se fait à $+ 18^{\circ}$.

Avec des pâtes sèches chargées en sucre (70 0/0) comme celles que l'on fabrique couramment actuellement, il est impossible de démouler au-dessus de 14° .

A $+ 12^{\circ}$, avec un appareil bien construit, on peut démouler 0^k,500 de chocolat au bout de 15 minutes.

On a essayé différents systèmes pour le démoulage du chocolat, et on a d'abord fait cette opération dans des chambres froides. On a bientôt abandonné ce système coûteux et peu commode, et on opère actuellement dans des armoires construites spécialement.

Ces armoires sont divisées en trois parties, sur leur hauteur.

1° La partie supérieure, ou chambre frigorifique, dans laquelle se trouve une série de serpentins séparés en tronçons, et dans lesquels se détend le fluide frigorifique (détente directe).

2° Une partie intermédiaire dans laquelle se trouvent deux arbres tournant en sens inverse, et munis d'hélices et de palettes. Ces palettes créent un mouvement de l'air dans le meuble, en le brassant autour des serpentins réfrigérants et des tablettes de la partie inférieure.

3° A la partie inférieure, se trouve une série de tiroirs, où on place les moules à refroidir. On charge l'appareil à une extrémité, et on retire les moules des tiroirs, à l'autre extrémité.

L'appareil ainsi conçu, porte le nom d'appareil Magniez.

II. LE FROID DANS LA FABRICATION DES PRODUITS CAOUTCHOUTÉS

L'application du froid à la fabrication du caoutchouc industriel, ou des tissus imperméables, a été utilisée pour la première fois en Angleterre.

L'obtention de la « feuille anglaise » est réalisée, en découpant des cylindres de caoutchouc, mais il faut que ces cylindres soient suffisamment durs, pour que le découpage puisse se faire dans de bonnes conditions. Pour cela, on expose le caoutchouc à une température inférieure à 0°, généralement — 5°. La congélation ainsi réalisée convient très bien ; si on l'opérait d'une façon plus rapide, on s'exposerait à obtenir une masse

non homogène, les parties extérieures étant fortement congelées, alors que l'intérieur serait encore mou.

Pour fabriquer des tissus caoutchoutés pour vêtement, on dissout le caoutchouc dans des dissolvants variant suivant les usines (Benzène, Toluène, etc...) On trempe les tissus à imperméabiliser dans ces dissolutions, puis on les sèche à la vapeur. Le dissolvant s'évapore, et si on ne pouvait le récupérer, ce serait une perte considérable pour le fabricant. On aspire donc les vapeurs ainsi formées, et on les condense dans un appareil spécial maintenu à $+ 10^{\circ}$, par une saumure incongelable.

C'est surtout en Angleterre que l'on trouve ces installations.

III. PALAIS DE GLACE

Les palais de glace sont des établissements où on entretient des pistes artificielles de glace, permettant aux fervents du patinage, de se livrer à leur sport favori sous des climats, ou pendant des années où la température trop douce empêche de le faire sur des pistes naturelles.

On peut provoquer la formation et entretenir les pistes de glace artificielle, soit en congelant une nappe d'eau dans laquelle est plongé un faisceau de tubes parcourus par un liquide incongelable, soit en congelant l'eau contenue dans une cuvette plongée dans une autre cuvette contenant le liquide incongelable refroidi.

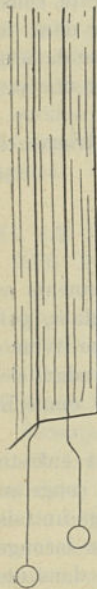


Fig. 72. — Schéma d'une piste de glace.

C'est généralement le premier système qui est employé. On se sert de faisceaux horizontaux de tubes lisses d'un diamètre intérieur variant de 30 à 50 millimètres. La saumure est répartie dans les faisceaux de tuyaux de circulation, par des collecteurs ; on la maintient à -10° ou -12° .

L'expérience a prouvé qu'il était mauvais de produire des pistes dont l'épaisseur soit supérieure à 7 ou 8 centimètres au maximum, et lorsque par suite de la condensation de l'humidité continue dans l'air de la salle, cette épaisseur augmente, il est nécessaire de la diminuer, ce qu'on fait en arrosant la piste avec de l'eau chaude.

Les installations comprennent généralement deux machines. On les fait fonctionner toutes deux ensemble, pour provoquer la congélation rapide de la piste chaque fois qu'on la renouvelle (toutes les 3 semaines environ). Lorsque la piste est formée, une seule machine doit suffire pour la maintenir, en faisant face aux différents apports de chaleur qui peuvent se produire.

Ces apports de chaleur sont produits :

1° Par le chauffage de l'établissement qui autour de la piste comporte généralement des salles de concert, d'attractions, de consommation etc...

2° La chaleur provenant de l'éclairage ;

3° La chaleur provenant des patineurs, et frottement des patins sur la glace.

4° Les pertes par conductibilité.

A un certain nombre de palais de glace, on a annexé des fabriques de glace, ou des chambres froides pour la conservation des denrées périssables.

Nombreuses sont encore les industries qui peuvent tirer un grand profit des applications du froid : la métallurgie pour refroidir les gaz destinés à refroidir les hauts-fourneaux ; la parfumerie ; l'industrie des colles et gélatines ; l'industrie des graisses, etc... Dans la plupart d'entre elles des essais ont été faits, mais les applications industrielles ne sont encore que très peu nombreuses et ne sont pas sorties de la période des tâtonnements. Les résultats obtenus dans les industries que nous avons passées en revue, et les principes que nous avons exposés, suffisent à montrer le parti que l'on peut en tirer pour toutes les autres industries.

Nous tenons cependant à signaler parmi les applications intéressantes, celles du « poêle à glace » de M. Douane, qui sert à réfrigérer les appartements, et est appliqué particulièrement dans les pays chauds, en Egypte notamment. La réfrigération des locaux habités a souvent été envisagé de mauvaise façon et ce système permet

d'obtenir d'excellents résultats, en ne provoquant qu'un abaissement de température de quelques degrés, qui, tout en étant très agréable, ne provoque pas la condensation de l'humidité atmosphérique, sur les objets placés dans la salle réfrigérée.

CHAPITRE XIV

Liquéfaction des gaz

SOMMAIRE. — I. Liquéfaction industrielle des gaz de l'atmosphère : oxygène, azote.

Depuis longtemps, les physiciens savaient que l'on pouvait liquéfier les gaz, en les soumettant à une double action, de pression et d'abaissement de température.

On était arrivé ainsi, pendant le dix-neuvième siècle, à liquéfier presque tous les gaz connus. Cependant six d'entre eux : l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le bioxyde d'azote, l'oxyde de carbone, et le méthane avaient résistés aux efforts des expérimentateurs plus ou moins adroits qui avaient essayé de les liquéfier, et on les appelait à cause de cela, des gaz *permanents*.

Par un hasard dont on trouve plus d'un exem-

ple dans l'histoire de la physique, le 24 décembre 1877, l'Académie des Sciences de Paris, prenait connaissance de deux communications différentes, émanant l'une de Cailletet, l'autre de Pictet, dans lesquelles ces deux savants l'informaient qu'ils avaient résolu le problème de la liquéfaction des gaz dits permanents, qui, du même coup, rentraient dans la classe formée par tous les corps gazeux.

Ces deux savants, dont l'un Cailletet, était Français, et l'autre Pictet Genevois, avaient résolu le problème d'une façon essentiellement différente.

Cailletet comprimait fortement le gaz à liquéfier dans un tube de verre (*fig. 73*), en empêchant sa température de s'élever, par un courant d'eau circulant autour du tube. A un moment donné, il faisait tomber brusquement la pression, et sous l'abaissement considérable de température résultant de la brusque chute de pression, le gaz se liquéfiait. C'est une très belle application de la formule de thermodynamique :

$$p v^\gamma = \text{Constante.}$$

Plus tard, Cailletet modifia son appareil, en utilisant en plus de la brusque détente, le froid produit par l'évaporation de l'éthylène liquide.

Pictet a opéré tout autrement. Il obtenait la liquéfaction des gaz, en les refroidissant par l'évaporation du protoxyde d'azote liquide, ce dernier était refroidi lui-même, par l'évaporation de l'anhydride sulfureux liquide. Le gaz mis en ex-

périence, se liquéfie ainsi sous sa propre pression combinée avec l'action du froid. Il est bon de faire remarquer que le principe de ce système de re-

TUBE CAILLETET

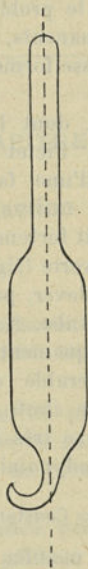


Fig. 73.

froidissement dit « à cascade » est dû à M. Tellier

Les études sur la liquéfaction des gaz, furent poursuivies par les savants : Alszewski et Wroblewski, et M. Kamerling-Onnes, mais les procédés employés, ne pouvaient l'être qu'au labo-

toire, et ne permettaient pas une application industrielle.

Les applications industrielles ne sont devenues possibles qu'avec les appareils dus à M. Linde, à M. G. Claude. Et ceux-ci les ont réalisés grâce à l'application des échangeurs de température. (*fig. 74*).

Les échangeurs de température, sont des appareils basés sur le principe suivant.

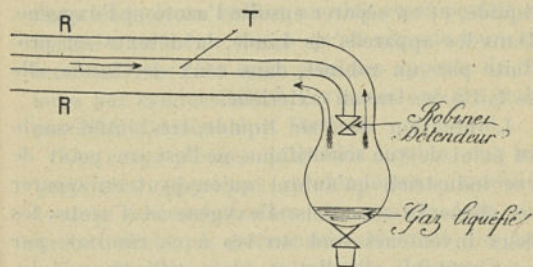


Fig. 74. — Schéma d'un échangeur de température.

De l'air comprimé et déjà refroidi arrive par un tuyau T, au bout duquel il subit une détente, soit à travers un robinet à pointeau, c'est-à-dire, sans accomplir aucun travail extérieur, soit dans le cylindre d'un moteur à air comprimé, qu'il actionne par conséquent, en accomplissant un travail extérieur. Dans l'un comme dans l'autre cas, la détente produit un abaissement de température du gaz, comme nous l'avons dit plus haut. Le gaz refroidi après détente, est évacué par le tube R,

concentrique à T, et par suite, se réchauffe en empruntant sa chaleur à l'air comprimé arrivant dans T. Par suite, cet air arrive à l'appareil détenteur (robinet ou moteur) de plus en plus froid, et à un moment donné, la chute de température provoquée par la détente, est suffisante pour amener la liquéfaction du gaz mis en action, que l'on peut dès lors recueillir.

C'est ce procédé que MM. Linde et Claude ont appliqué, pour obtenir industriellement de l'air liquide, et en séparer ensuite l'azote et l'oxygène. Dans les appareils de Linde, la détente est produite par un robinet, dans ceux de Claude, elle se fait avec travail extérieur.

L'obtention de l'air liquide, très intéressante au point de vue scientifique, ne l'est au point de vue industriel, qu'autant qu'on peut en séparer les éléments essentiels, l'oxygène et l'azote; les deux inventeurs sont arrivés à ce résultat, par une véritable distillation et rectification analogues à celles que l'on fait en distillerie, pour obtenir l'alcool. A un endroit des appareils, on récolte de l'azote, à un autre endroit, de l'oxygène. Nous ne pouvons entrer dans la description détaillée de leurs appareils, et renvoyons pour plus amples détails le lecteur, à la conférence faite par M. G. Claude au Congrès du Froid de Toulouse en 1912.

Il est à remarquer que dans ces appareils à air liquide il est nécessaire d'employer de l'air sec et exempt d'acide carbonique, autrement, la congélation de la vapeur d'eau, et de l'acide carbo-

nique cause rapidement des obstructions qui arrêtent le fonctionnement de l'appareil.

Les propriétés de l'air liquide, et surtout son action sur les différents corps, permettent de prévoir des applications nombreuses, et la réalisation de phénomènes actuellement encore imprévus.

L'air liquide bout à $-193^{\circ},5$, et pour le conserver le plus longtemps possible, on est obligé de le mettre dans des vases à double enveloppe, dans lesquels on réalise un vide aussi parfait que possible, en même temps qu'on argente leurs surfaces internes. On évite ainsi les apports de chaleurs par conductibilité. Ces vases ont été établis par MM. d'Arsonval et Dewar.

Les corps plongés dans l'air liquide, ont leurs propriétés physiques profondément modifiées, tous y deviennent durs et cassants, leur résistance électrique est considérablement diminuée.

Le charbon, dont le pouvoir d'absorption des gaz est bien connu, voit cette propriété augmenter considérablement dans l'air liquide.

L'oxygène bout à $-182^{\circ},5$ et l'azote à $-195^{\circ},5$, c'est ce qui permet de les séparer par distillation.

L'un et l'autre sont susceptibles d'applications nombreuses et importantes. Déjà, grâce à l'azote, on fabrique spécialement en Suède, des engrais azotés en quantités énormes, qui concurrencent avec succès, les engrais du Chili et du Pérou. C'est là une mine inépuisable pour l'agriculture.

Dans sa conférence au Congrès de Toulouse, M. Claude s'étonnait de ce que l'oxygène liquide

n'ait pas encore reçu plus d'applications industrielles, et le déplorait.

Ce fait est certainement surprenant, quand on pense aux prodiges que l'oxygène, mis à la portée de toutes les industries, pourrait faire. Il n'est pas douteux que petit à petit ses applications se répandront, et viendront révolutionner notamment la métallurgie, et l'industrie des produits chimiques. Il est certain que lorsqu'on se sera bien habitué à cette idée, que l'on peut puiser ce gaz dans le réservoir inépuisable qu'est notre atmosphère, ses applications industrielles se développeront considérablement.

La liquéfaction des gaz, obtenue ainsi grâce à la possibilité de produire le froid industriellement, amènera certainement dans un avenir plus ou moins proche, mais que l'on peut dès maintenant entrevoir, une véritable révolution industrielle.





TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	VII
CHAPITRE PREMIER. — <i>Phénomènes actuellement utilisés pour la production du froid artificiel....</i>	1
I. Evaporation des gaz liquéfiables.....	2
Caractéristiques de ces corps.....	6
Anhydride sulfureux	6
Ammoniac	7
Anhydride carbonique.....	8
Chlorure de méthyle.....	8
Comparaison entre les agents frigorifiques.	9
II. Evaporation de l'eau	14
III. Affinité chimique de l'ammoniac pour l'eau	17
IV. Mélanges réfrigérants	21
CHAPITRE II. — <i>Fonctionnement des machines frigorifiques. Description des principaux types....</i>	22
I. Théorie élémentaire du fonctionnement des machines frigorifiques.....	23
Cycle Carnot. Rendement théorique.....	23
II. Marche et réglage des machines à compression	32

Marche en vapeur saturée et en vapeur surchauffée	35
Régime humide	36
Régime sec	36
III. Machines à compression à anhydride sul- fureux	39
Cylindre compresseur	41
Les clapets d'aspiration.....	41
Les clapets de refoulement	42
Le presse-étoupe.....	43
La tige du piston	44
Condenseur	46
Robinet-régleur	46
Réfrigérant	46
Manque d'anhydride	48
Rentrées d'air.....	51
Bris des soupapes	53
Fuites au condenseur.....	53
Obstruction	54
Manomètres	54
IV. Machines à compression à ammoniac....	55
Compresseur	56
Piston	56
Soupapes d'aspiration	56
Soupapes de refoulement.....	56
Presse-étoupes.....	57
Graissage	58
Robinet-détendeur	60
Manomètres	60
Condenseurs	61
Condenseurs à ruissellement.....	61
Condenseurs à immersion	62
Réfrigérants	64
Manque d'ammoniac	64
Air dans la machine	66
Bris des soupapes.....	68

Fuites au condenseur et aux joints.....	68
Entrainement d'huile	69
Obstruction	70
Machines à surchauffe d'ammoniac.	70
V. Machines à compression à anhydride carbonique	72
Compresseur	72
Piston	73
Graissage	73
Condenseur	73
Réfrigérants	73
Détendeur	74
Presse-étoupes	74
Manque d'anhydride, les obstructions, les bris de soupapes	74
Marche normale.....	76
Aspiration	76
Soupapes de sûreté.....	76
VI. Machines à compression rotatives.....	77
VII. Machines à évaporation d'eau.....	82
Évaporateur	83
VIII. Machines à affinité	83
IX. Remarques sur les machines à chlorure de méthyle	84
CHAPITRE III. — <i>Refroidissement des locaux</i>	85
I. Froid à produire nécessité par diverses sources de chaleur	85
Chaleur transmise par le sol, le plafond, etc.	86
Chaleur provenant des marchandises emmagasinées	87
Chaleur provenant des modifications chimiques	88
Refroidissement et dessèchement de l'air.	88
Eclairage. Travail du personnel.....	96
II. Réfrigération par rayonnement.....	97

Détente directe	100
Circulation de liquide incongelable.....	103
III. Réfrigération par ventilation	110
Frigorifères à détente directe	113
Frigorifères à circulation de saumure....	122
IV. Froid combiné	126
CHAPITRE IV. — <i>Constructions. Frigorifiques.</i>	
<i>Isolation</i>	127
I. Isolants	127
II. Isolation des locaux	132
III. Isolation des appareils, conduites, etc....	144
IV. Imperméabilisation du béton.....	146
CHAPITRE V. — <i>Rendement des machines. Vérification des installations.</i>	148
I. Importance de la détermination du rendement	149
II. — Rendement par la production de glace.	150
III. Rendement par le froid produit au réfrigérant	152
Tableau des constatations	154
Calcul de la production.....	156
Travail en chevaux demandé par le compresseur	158
IV. Rendement des installations à circulation de saumure	159
V. Rendement des machines à affinité.....	164
VI. Comparaison des différentes machines au point de vue du rendement.....	178
VII. Vérification des installations	180
Répartition des températures dans tous les points d'une chambre.....	180
Déperdition horaire	180
VIII. Appareils de mesures.....	181
Thermomètres	181
Hygromètres et psychromètres.....	185

Anémomètres	186
Densimètres	186
Unification du mode d'évaluation et de la définition de la puissance du rendement des machines frigorifiques.....	187
CHAPITRE VI. — <i>Fabrication de la glace</i>	192
I. Appareils spéciaux à la fabrication de la glace	192
Générateurs de glace	194
Mouleaux à glace	197
Remplisseur	198
Dispositif de démoulage	200
Pont-roulant	200
Le bac de démoulage.....	200
Basculeur ou culbuteur.....	201
II. Glace opaque. Glace transparente.....	203
Glace opaque	203
Glace transparente.....	203
Congélation lente	203
Agitation de l'eau contenue dans les mou- leaux pendant sa congélation.....	205
Emploi d'eau distillée.....	206
Différence entre la glace opaque et la glace transparente ; leur valeur au point de vue hygiénique	213
III. Quantité de froid nécessaire à la produc- tion de la glace	216
Refroidissement de l'eau servant à la fa- brication	216
Absorption de la chaleur par le changement d'état	217
Abaissement de la température de la glace de 0° à 1°	217
Pertes de froid dues à la fabrication elle- même	217

Prix de revient.....	218
Prix de vente.....	219
IV. Emmagasinement. Livraison. Proyage de la glace	220
Emmagasinement	220
Livraison de la glace	222
Broyage de la glace	224
CHAPITRE VII. — <i>Conservation des denrées périssables</i>	226
I. Principes sur lesquels reposent la conservation des denrées périssables	226
II. Conservation de la viande.....	232
Composition des bonnes viandes de bou- cherie	237
Composition des viandes conservées par congélation	247
Composition des viandes congelées.....	248
Liquide d'exsudat	256
Objections faites aux viandes frigorifiées.	258
Goût	259
Nutritivité. Digestibilité	261
Conservation	263
Etat des cellules de la viande congelée .	266
Conclusions	270
Viandes réfrigérées.....	274
Viandes congelées	275
La chambre de décongélation	277
III. Conservation de la volaille et du gibier...	280
IV. Conservation des fruits frais.....	293
V. Conservation des fruits secs.....	303
VI. Conservation des œufs.....	304
VII. Conservation du beurre.....	315
VIII. Conservation des fromages	321
IX. Conservation du poisson	322
X. Conservation des légumes.....	327

XI. Conservation des fleurs, oignons et graines.	328
XII. Conservation des fourrures.....	329
XIII. Construction et aménagement des entrepôts	330
Chaleur perdue par transmission du sol, des murs, etc.	338
Chaleur provenant des marchandises emmagasinées	339
Chaleur à absorber pour refroidir et dessécher l'air	340
CHAPITRE VIII. — <i>Le froid dans les industries de fermentation</i>	344
I. Brasserie	346
Refroidissement du moût, sortant de la chaudière	348
Absorption de la chaleur dégagée par la fermentation du moût de bière	350
Refroidissement des caves, salle de soutirage et magasins à houblon	353
Calcul de l'installation frigorifique d'une brasserie	358
Refroidissement du moût	358
Refroidissement du moût en fermentation.	358
Refroidissement des caves	359
Renouvellement de l'air	361
II. Fabrication du vin	363
Régularisation de la fermentation des vins	364
Fabrication des vins doux, vins de liqueurs, etc.	365
Clarification des vins.....	366
Dégorgement des vins mousseux.....	370
Concentration des vins et moûts.....	371
Conservation des moûts et vendanges. .	371
III. Cidrierie	372

CHAPITRE IX. — <i>Laiterie et fromagerie</i>	373
I. Laiterie	377
Refroidissement du lait destiné à l'alimentation des grandes villes.....	377
Fabrication du beurre	378
II. Fromagerie	383
CHAPITRE X. — <i>Charcuterie. Salaison</i>	386
CHAPITRE XI. — <i>Transports</i>	391
I. Wagons frigorifiques	393
Wagons réfrigérés	393
Wagons réfrigérants	393
Valeur comparée des différents types de wagons frigorifiques	397
II. Bateaux frigorifiques	399
III. Navires de guerre.....	404
CHAPITRE XII. — <i>Le froid dans les travaux publics</i>	407
Congélation du terrain. Forage des puits de mine	407
CHAPITRE XIII. — <i>Industries diverses utilisant le froid</i>	416
I. Le froid dans la fabrication du chocolat..	416
II. Le froid dans la fabrication des produits caoutchoutés	418
III. Palais de glace.....	419
CHAPITRE XIV. — <i>Liquéfaction des gaz</i>	422
Liquéfaction industrielle des gaz de l'atmosphère : Oxygène, azote.....	422

1^{er} Septembre 1913

Ce Catalogue annule les précédents

CATALOGUE COMPLET

DE LA

**LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE
RORET**

L. MULO, SUGG

12, rue Hautefeuille, 12

PARIS-VI^e

NOUVELLE COLLECTION

DE

L'ENCYCLOPÉDIE-RORET

Format in-18 Jésus 19 × 12

COLLECTION DES MANUELS-RORET

OUVRAGES DIVERS

Sur l'Industrie et les Arts et Métiers

OUVRAGES HORTICOLES — ALBUMS INDUSTRIELS

JOURNAUX — SUITES A BUFFON

Divers. — Bibliothèque des Arts et Métiers

Dépôt des Ouvrages publiés par la Librairie **FÉRET & FILS**
DE BORDEAUX

Ce Catalogue est envoyé *franco* sur demande

ENCYCLOPÉDIE-RORET

COLLECTION

DES

MANUELS-RORET

FORMANT UNE

ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES ET DES ARTS

FORMAT IN-18

Par une réunion de Savants et d'Industriels

Tous les Traités se vendent séparément.

La plupart des volumes, de 300 à 400 pages, renferment des planches parfaitement dessinées et gravées, et des figures intercalées dans le texte.

Les Manuels épuisés sont revus avec soin et mis au niveau de la science à chaque édition. Aucun Manuel n'est cliché, afin de permettre d'y introduire les modifications et les additions indispensables. Cette mesure, qui oblige l'Editeur à renouveler les frais de composition typographique à chaque édition, doit empêcher le Public de comparer le prix des *Manuels-Roret* avec celui des ouvrages similaires, tirés sur clichés.

Pour recevoir chaque volume franc de port, on joindra, à la lettre de demande, un *mandat sur la poste* (de préférence aux timbres-poste). Afin d'éviter les écritures pour l'expéditeur et les frais de recouvrement pour le destinataire, **aucun envoi n'est fait contre remboursement par la Poste.**

Les volumes expédiés dans les pays qui ne font pas partie de l'Union des Postes, seront grevés des frais de poste établis d'après les tarifs de la poste française. Les demandes venant de l'**Etranger** devront contenir **25 centimes** en sus des prix portés au Catalogue, pour frais de recommandation à la Poste.

Les timbres étrangers ne pouvant être utilisés, nous prions nos Correspondants de ne pas nous en adresser.

Nouvelle Collection de l'Encyclopédie-Roret

Format in-18 Jésus 19 × 12

Les ouvrages précédés d'un astérisque (*) ont été honorés d'une souscription des Ministères du Commerce, de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, et de l'Agriculture.

- Manuel de l'Apiculteur Mobiliste**, nouvelles Causes sur les Abeilles en 30 leçons, par l'abbé DUQUESNOIS. 1 vol. in-18 Jésus, orné de 20 fig. dans le texte. (*Médaille d'argent à Bar-le-Duc.*) 3 fr.
- de l'**Eleveur de Chèvres**. par H.-L.-Alph. BLANCHON. 1 vol. in-18 Jésus, orné de 12 fig. dans le texte. 2 fr. 50
- de l'**Elevage et du dressage des chiens de toutes races**, par BLANCHON (*Sous presse*). 3 fr.
- * — del'**Eleveur de Faisans**, par H.-L.-Alph. BLANCHON, 1 vol. in-18 Jésus, orné de 31 figures dans le texte. 2 fr.
- de l'**Eleveur de Poules**, par H.-L.-Alph. BLANCHON. Deuxième édition, revue, 1 vol. in-18 Jésus, orné de 67 figures dans le texte. 3 fr.
- du **Pisciculteur**, par H.-L.-Alph. Blanchon, 1 vol. in-18 Jésus, orné de 65 fig. dans le texte. 3 fr. 50
- * — de l'**Eleveur de Pigeons, Pigeons voyageurs**, par H.-L.-Alph. BLANCHON, 1 vol. in-18 Jésus, orné de 44 fig. dans le texte. 3 fr.
- * — de l'**Eleveur de Lapins**, par WILLEMIN, 1 vol. in-18 Jésus, orné de 24 figures dans le texte. 2 fr. 50
- **Gordon Bleu** (le), Nouvelle Cuisinière Bourgeoise, par Mlle MARGUERITE, 14^e édition. 1 vol. in-18 Jésus, orné de figures dans le texte. (*En préparation*).
- **Eléments Culinaires** (les) à l'usage des jeunes filles, par Auguste COLOMBIÉ. 1 vol. in-18 Jésus, cartonné. 3 fr.
- **Traité pratique de Cuisine bourgeoise**, par Auguste COLOMBIÉ, 1 vol. in-18 Jésus, cartonné. 4 fr.
- **100 Entremets**, par Auguste COLOMBIÉ, 1 vol. in-18 Jésus, cartonné. 2 fr.
- * — de **Jardinage et d'Horticulture**, par Albert MAUMENÉ, avec la collaboration de Claude TRÉBIGNAUD, arboriculteur. 1 vol. in-18 Jésus, orné de 275 figures dans le texte, 900 pages. Broché, 6 fr. — Cartonné. 7 fr.
- de l'**Agriculteur**, par Louis BEURET et Raymond BRUNET, 1 vol. in-18 Jésus orné de 117 figures. 5 fr.
- **Artichaut et de l'Asperge** (de la Culture de l'), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 13 fig. dans le texte. 2 fr.

- **Champignons et de la Truffe** (de la Culture des), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 15 figures dans le texte. 2 fr. 50
- **Châtaignier** (Culture, Exploitation et Utilisations), par H. BLIN. 1 vol. in-18 Jésus orné de 36 fig. 1 fr. 50
- **Fraisier** (de la Culture du), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 28 fig. dans le texte. 2 fr.
- **Groseillier, du Cassissier et du Framboisier** (de la Culture du), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 7 fig. dans le texte. 1 fr. 50
- **Melon, de la Citrouille et du Concombre** (de la Culture du), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 25 fig. dans le texte. 2 fr.
- **d'Ostréiculture et de Myticulture**, par A. LAR-BALÉTRIER. 1 vol. orné de 22 fig. dans le texte. 2 fr. 50
- **Tabac** (Culture et Fabrication du), par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de 23 fig. dans le texte. 3 fr.

COLLECTION DES MANUELS-RORET

Manuel pour gouverner les Abeilles (Voir *Manuel de l'Apiculteur*, page 3).

— **Accordeur de Pianos**, traitant de la Facture des Pianos anciens et modernes et de la Réparation de leur mécanisme, contenant des Principes d'Acoustique, des Notions de Musique, les Partitions habituelles, la Théorie et la Pratique de l'Accord, à l'usage des Accordeurs et des Amateurs, par M. G. HUBERSON. 1 vol. orné de figures et de musique et accompagné de planches. 2 fr. 50

— **Aérostation**, ou Guide pour servir à l'histoire ainsi qu'à la pratique des *Ballons* (*En préparation*).

— **Agriculture Élémentaire** (Voir *Manuel de l'Agriculteur*, page 3).

— **Ajusteur-Mécanicien**, Apprenti, Ouvrier, Contremaître, par Paul BLANCARNOUX, ingénieur des arts et métiers. 2 vol. ornés de 230 figures dans le texte. 6 fr.

— **Alcoométrie**, contenant la description des appareils et des méthodes alcoométriques, les Tables de Force de Mouillage des A'cools, le Remontage des Eaux-de-Vie, et des indications pour la vente des alcools au poids, par MM. F. MALEPEYRE et AUG. PETIT. 1 vol. 1 fr. 75

— **Algèbre**, ou Exposition élémentaire des principes de cette science (*En préparation*).

— **Alimentation**, par M. W. MAIGNE. 2 vol. 6 fr.

— *Première partie*, SUBSTANCES ALIMENTAIRES, leur ori-

gine, leur valeur nutritive, falsifications qu'on leur fait subir et moyens de les reconnaître. 1 vol. 3 fr.

— *Deuxième partie*, CONSERVES ALIMENTAIRES, contenant tous les procédés en usage pour conserver les Vialdes, le Poisson, le Lait, les Oeufs, les Grains, les Légumes verts et secs, les Fruits, les Boissons, etc., suivi du Bouchage des boîtes, des vases et des bouteilles 1 vol orné de fig 3 fr.

— **Amidonier et Fabricant de Pâtes alimentaires**, traitant de la Fabrication de l'Amidon et des Produits obtenus des Fruits et des Plantes qui renferment de la Fécule, par MM. MORIN, F. MALEPEYRE et Alb. LARBALÉTRIER. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr.

— **Anatomie comparée**, par MM. de SIEBOLD et STANNIUS; trad. de l'allemand par MM. SPRING et LACORDAIRE, professeurs à l'Université de Liège. 3 gros vol. 10 fr. 50

— **Aniline (Couleurs d'), d'Acide phénique et de Naphtaline**, par M. Th. CHATEAU. (*En préparation.*)

— **Animaux nuisibles** (Destructeur des).

1^{re} partie, Animaux nuisibles aux Habitations, à l'Agriculture, au Jardinage, etc., par VÉRARDI (*En préparation.*)

2^e partie, Insectes nuisibles aux Arbres forestiers et fruitiers, à l'usage des Forestiers, des Jardiniers et des Propriétaires, par MM. RATZBURG, DE CORBERON et BOISDUVAL. 1 vol. orné de 8 planches. (*En préparation.*)

— **Archéologie grecque, étrusque, romaine, égyptienne, indienne, etc.** (*En préparation.*)

— **Architecte des Jardins**, ou l'Art de les composer et de les décorer, par M. BOITARD. 1 vol. avec Atlas de 140 planches (*En préparation.*)

— **Architecte des Monuments religieux**, ou Traité d'Archéologie pratique, applicable à la restauration et à la construction des Eglises, par M. SCHMIT. (*En prépar.*)

— **Arithmétique démontrée**, par MM. COLLIN et TRÉMERY. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Arithmétique complémentaire**, ou Recueil de Problèmes nouveaux, par M. TRÉMERY. 1 vol. 1 fr. 75

— **Armurier, Fourbisseur et Arquebusier**, traitant de la fabrication des Armes à feu et des Armes blanches, par M. PAULIN DÉSORMEAUX. 2 vol. avec planches. (*En prépar.*)

— **Arpentage**, Art de lever les plans, par P. BOURGOIN, géomètre topographe. 1 vol. avec 255 fig. 3 fr. 50

On vend séparément les MODÈLES DE TOPOGRAPHIE, par CHARTIER. 1 planche coloriée. 1 fr.

— **Art militaire**, ou Instructions pratiques à l'usage

de toutes les armes de terre, par M. VERGNAUD, colonel d'artillerie. 1 volume avec figures. (*En préparation.*)

— **Artificier** (PYROTECHNIE CIVILE), contenant l'Art de confectionner et de tirer les feux d'artifice, par A.-D. VERGNAUD, colonel d'artillerie et P. VERGNAUD, lieutenant-colonel. 1 vol. orné de fig. Nouvelle édition, refondue, par Georges PETIT, ingénieur civil. 3 fr.

— **Aspirants** aux fonctions de Notaires, Greffiers, Avocats à la Cour de Cassation, Avoués, Huissiers, et Commissaires-Priseurs, par M. COMBES. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Asselements, Jachère et Succession des Cultures** (Voir *Manuel de l'Agriculteur*, page 3).

— **Astronomie**, ou Traité élémentaire de cette science, trad. de l'anglais de W. HERSCHEL, par M. A.-D. VERGNAUD. 1 vol. orné de planches. (*En préparation.*)

— **Astronomie amusante**, Notions élémentaires sur l'Astronomie, par M. L. TOMLINSON, traduit de l'anglais par A. D. VERGNAUD. 1 vol. avec figures. (*En prép.*)

— **Automobiles** (De la construction et du montage des), contenant l'histoire, l'étude détaillée des pièces constituant les automobiles, la construction des voitures à pétrole, à vapeur et électriques, les renseignements sur leur montage et leur conduite, par N. CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à la Fédération générale française des Chauffeurs, Mécaniciens, Électriciens. 2 vol. ornés de 340 figures dans le texte. 8 fr.

— **Bibliographie universelle**, par MM. F. DENIS, P. PINÇON et DE MARTONNE. (*En préparation.*)

— **Bibliothéconomie**, Arrangement, Conservation et Administration des Bibliothèques, par L.-A. CONSTANTIN. 1 vol. orné de figures. (*En préparation.*)

— **Bijoutier-Joaillier** et Sertisseur, traitant des Pierres précieuses, de la Nacre, des Perles, du Corail et du Jais, contenant l'Art de les tailler, de les sertir, de les monter, de les imiter, suivi de la description des principaux Ordres et la fabrication de leurs décorations, par MM. JULIA DE FONTENELLE, F. MALEPEYRE et A. ROMAIN. 1 vol. accompagné de planches. 3 fr.

— **Bijoutier-Orfèvre**, traitant des Métaux précieux, de leurs Alliages, des divers modes d'Essai et d'Affinage, du Titre et des Poinçons de garantie de l'Or et de l'Argent, des divers travaux d'Orfèvrerie en or, en argent et en plaqué, du Niellage et de l'Emailage des Métaux précieux, de la Bijouterie en vrai et en faux, de la fabrication des bijoux de fantaisie, en fer, en acier, en aluminium, etc., par J. DE FONTENELLE, F. MALE-

PEYRE et A. ROMAIN. 2 vol. avec fig. et planches. 6 fr.

— **Biographie**, ou Dictionnaire historique abrégé des grands hommes, par M. NOEL, ancien inspecteur-général des études. 2 volumes. 6 fr.

— **Blanchiment et Blanchissage**, Nettoyage et Dégraissage des fils de lin, coton, laine, soie, etc., par G. PETIT, ing. civ. 2 vol. ornés de 112 fig. dans le texte. 7 fr.

— **Bonnetier et Fabricant de bas**, renfermant les procédés à suivre pour exécuter, sur le metier et à l'aiguille les divers tissus à maille, par MM. LEBLANC et PREAUX-CALTOT. 1 vol. avec planches (*En préparation*).

— **Botanique**, Partie élémentaire, par M. BOITARD. 1 vol avec planches. 3 fr. 50

ATLAS DE BOTANIQUE pour la partie élémentaire. 1 vol. in-8 renfermant 36 planches. 6 fr.

— **Bottier et Cordonnier** (*En préparation*).

— **Boucher**, voyez *Charcutier*.

TABLEAU FIGURATIF DES DIVERSES QUALITÉS DE LA VIANDE DE BOUCHERIE, in-plano colorié. 1 fr.

— **Bougies stéariques et Bougies de paraffine**, traitant de la fabrication des Acides gras concrets, de l'Acide oléique, de la Glycérine, etc., par M. F. MALEPEYRE. Nouv. éd. rev. et corrig. par G. PETIT, ing. civil. 2 vol. ornés de 179 figures dans le texte. 8 fr.

— **Boulangier**, ou *Traité pratique de la Panification française et étrangère*, contenant la connaissance des farines, les moyens de reconnaître leur mélange et leur altération, les principes de la Boulangerie, la construction des pétrins et des fours, la fabrication de toute espèce de pains et de biscuits, par J. FONTENELLE et F. MALEPEYRE. Nouvelle édition entièrement refondue et mise au courant de l'état actuel de cette industrie, par SCHIELD-TREHERNE 1 vol. orné de 97 figures dans le texte (*Sous presse*).

— **Bourellier-Sellier-Harnacheur**, contenant la description de tout l'outillage moderne. Les renseignements sur les marchandises à employer. Fabrication du harnais, équipement, sellerie, garniture de voitures. Recettes diverses. Vocabulaire des termes en usage dans cette profession, par L. JAILLANT. 1 vol. orné de 126 fig. dans le texte. 3 fr.

— **Bourse et ses Spéculations** mises à la portée de tout le monde, par BOYARD. 1 vol. (*En préparation*).

— **Bovier**. (*En préparation*.)

— **Brasseur**, ou l'Art de faire toutes sortes de Bières françaises et étrangères, par F. MALEPEYRE. Nouvelle édi-

tion, entièrement revue et complétée par SCHIED-TREHERNE, 2 gros vol. accompagnés d'un Atlas de 14 pl. 8 fr.

— **Briquetier, Tuilier**, Fabricant de Carreaux, de tuyaux de Drainage et de Creusets réfractaires, contenant la fabrication de ces matériaux à la main et à la mécanique, et la description des fours et appareils actuellement usités dans ces industries, par F. MALEPEYRE et A. ROMAIN. Nouv. édit., rev., cor. et augm., par G. PETIT, ingén. civil. 2 vol. ornés de 351 fig. dans le texte. 7 fr.

— **Briquets, Allumettes chimiques**, souffrées, phosphorées, amorphes, etc., *Briquets électriques, Lumière électrique* et appareils qui la produisent, par MM. MAIGNE et A. BRANDELY. Edition entièrement refondue par Georges PETIT, ingénieur civil. 1 vol. orné de 67 figures. 3 fr.

— **Broderie**, ou Traité complet de cet Art, par M^{me} CELNART. 1 vol. accomp. d'un Atlas de 40 pl. (*En prép.*).

— **Bronzage des Métaux et du Plâtre**, par DEBONLIEZ, MALEPEYRE, et LACOMBE. 1 vol. 1 fr. 25

— **Cadres** (Fabricant de), Passe-Partout, Châssis, Encadrements, suivi de la restauration des tableaux et du nettoyage des gravures, estampes, etc., par J. SAULO et DE SAINT-VICTOR. Edition entièrement refondue, par E.-E. STAHL. 1 vol. orné de 27 illustrations. 2 fr.

— **Calculateur**, ou COMPTES-FAITS utiles aux opérations industrielles, aux comptes d'inventaire, etc., par M. Aug. TERRIÈRE. 1 gros vol. 3 fr. 50

— **Calendrier** (Théorie du). (*En préparation.*)

— **Calligraphie**, ou l'Art d'écrire en peu de leçons, d'après la méthode de CARSTAIRS. 1 Atlas in-8 obl. 1 fr.

— **Canotier**, ou Traité universel et raisonné de cet Art, par UN LOUP D'EAU DOUCE. (*En préparation.*)

— **Cannage des Sièges** (voir *Vannerie*).

— **Gaoutchouc, Gutta-percha, Gomme factice**, Tissus imperméables, Toiles cirées et gommées. par M. MAIGNE. Nouvelle édition, revue et augmentée, par G. PETIT, ingénieur civil. 2 vol. ornés de 96 fig. dans le texte. 6 fr.

— **Capitaliste**, contenant la pratique de l'escompte et des comptes-courants (*En préparation.*)

— **Carrossier**. (*En préparation.*)

— **Cartes Géographiques** (Construction et Dessin des), par PERROT. Nouvelle édition par BOURGOIN. 1 vol. orné de 148 figures. 2 fr. 50

— **Cartonnier**, Fabricant de Carton, de Carte, de Cartonnages et de Cartes à jouer, par Georges PETIT, ingénieur civil. 1 vol. orné de 95 fig. dans le texte. 4 fr.

— **Chamoiseur, Maroquinier, Mégissier, Teinturier en peaux, Fabricant de Cuirs vernis, Parcheminier et Gantier**, traitant de l'outillage à la main, des machines nouvelles, et des procédés les plus récents en usage dans ces diverses industries, par MM. JULIA DE FONTENELLE, MAIGNE et VILLON. 1 vol. avec fig. 3 fr. 50

— **Chandelier et Cirier**, contenant toutes les opérations usitées dans ces industries. Nouvelle édition par Georges PETIT, ingénieur civil. 1 vol. orné de 85 figures dans le texte. 4 fr.

— **Chapeaux** (Fabricant de) en tous genres, par MM. GLUZ, F. et JULIA DE FONTENELLE. 1 vol. (*En préparation*).

— **Charcutier, Boucher et Equarrisseur**, contenant l'élevage et l'engraissement du Porc et de la Truie, l'Art de préparer et de conserver les différentes parties du Cochon, les maniements et le Dépeçage du Bœuf, de la Vache, du Taureau, du Veau, du Mouton et du Cheval, et traitant de l'utilisation des débris, par MM. LEBRUN et MAIGNE. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr.

On vend séparément :

TABLEAU DES QUALITÉS DE VIANDE, in plado col. 1 fr.

— **Charpentier**, ou Traité complet et simplifié de cet Art, traitant de la Charpente en bois et en fer et de la Manipulation des diverses pièces de Charpente, par HANUS, BISTON, BOUTEREAU et GAUCHÉ. Nouvelle édition refondue, corrigée et augmentée de la *Série des Prix*, par N. CHRYSOCHOÏDÈS. 2 vol. ornés de 94 fig. dans le texte et accompagnés d'un Atlas de 22 planches. 8 fr.

— **Charron-Forgeron**, traitant de l'Atelier, de l'Outillage, des Matériaux mis en œuvre par le Charron, du Travail de la forge, de la Construction du gros et du petit matériel, etc., par M. G. MARIN-DARBEL. 1 vol. orné de nombreuses figures et accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Chasseur**, ou Traité général de toutes les chasses à courre et à tir, suivi d'un Vocabulaire des termes de Chasse et de la Législation, par MM. DE MERSAN, BOYARD et ROBERT. 1 vol. contenant la musique des principales fanfares. 3 fr.

— **Chaudières à vapeur** (Conducteur de) contenant la description, la conduite, l'entretien, les accidents des chaudières, par P. BLANCARNOUX, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 110 fig. dans le texte. 3 fr.

— **Chaudronnier**, contenant l'Art de travailler au marteau le cuivre, la tôle et le fer-blanc, ainsi que les travaux d'Estampage et d'Etampage, par MM. JULLIEN, VALÉRIO et CASALONGA, ingénieurs civils. Nouvelle édi-

tion entièrement refondue et augmentée du *Tracé en chaudronnerie*, par Georges PETIT, ingén. civil. 1 vol. orné de 86 fig. dans le texte et accompagné d'un Atlas de 20 pl. 5 fr.

— **Chauffage et Ventilation** des Bâtimens publics et privés, au moyen de l'air chaud, de l'eau chaude et de la vapeur, Chauffage des Bains, des Serres, des Vins, et des Vagons de chemins de fer, par M. A. ROMAIN. 1 vol. accompagné de planches et orné de figures. 3 fr.

— **Chauffeur** (voir *Chaudières à vapeur*).

— **Chaufournier, Plâtrier, Carrier et Bitumier**, contenant l'exploitation des Carrieres et la fabrication du Plâtre, des différentes Chaux, des Ciments, Mortiers, Bétons, Bitumes, Asphaltes, etc., par MM. D. MAGNIER et A. ROMAIN. Nouvelle édition. 1 vol. accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Chemins de Fer**, contenant des études comparatives sur les divers systèmes de la voie et du matériel, le Formulaire des charges et conditions pour l'établissement des travaux, etc., par M. E. WITH. 2 vol. avec atlas 7 fr.

— **Cheval (Education et dressage du)** monté et attelé, traitant de son hygiène et des remèdes qui lui conviennent, par M. DE MONTIGNY. 1 vol. avec planches. 3 fr.

— **Chimie Agricole**, par MM. DAVY et VERGNAUD. 1 vol. orné de figures. (*En préparation.*)

— **Chimie analytique** (*En préparation.*)

— **Chimie appliquée**, voyez *Produits chimiques.*

— **Chocolatier**, voyez *Confiseur et Chocolatier.*

— **Cidre et Poiré** (Fabricant de), traitant de la Culture et de la Greffe des meilleures variétés de fruits propres à faire le Cidre et le Poiré, ainsi que des Méthodes nouvelles et des Appareils perfectionnés employés dans cette industrie, par MM. DUBIEF, F. MALEPEYRE et le Comte DE VALICOURT. 1 vol. orné de figures. 3 fr.

— **Cirage**, voyez *Encres.*

— **Ciseleur**, contenant la description des procédés de l'Art de ciseler et repousser tous les métaux ductiles, bijouterie, orfèvrerie, armures, bronzes, etc., par M. Jean GARNIER, ciseleur-sculpteur. Nouvelle édition, revue, corrigée et augmentée, par C. CHOUARTZ, ciseleur. 1 vol. orné de 60 figures dans le texte. 3 fr.

— **Clichage** en matière et galvanique, voyez *Graveur.*

— **Coiffeur**, par M. VILLARET. (*En préparation.*)

— **Golles** (Fabrication de toutes sortes de), comprenant celles de matières végétales, animales et composées, par MALEPEYRE. Nouvelle édition entièrement refondue par H.

BERTRAN, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 114 figures dans le texte. 3 fr.

— **Coloriste**, contenant le mélange et l'emploi des Couleurs, ainsi que l'Enluminure, le Lavis, le coloriage à la main et au patron, etc., par MM. PERROT, BLANCHARD, THILLAYE et VERGNAUD. (*En préparation.*)

— **Commerce, Banque et Change**, par M. GALLAS, suivi de la MÉTHODE NOUVELLE POUR LE CALCUL DES INTÉRÊTS A TOUS LES TAUX (*En préparation.*)

— **Compagnie** (Bonne), ou Guide de la Politesse et de la Bienséance, par madame CELNART (*En préparation.*)

— **Comptes-Faits**, voyez *Calculateur, Poids et Mesures (Barème des).*

— **Confiseur et Chocolatier**, contenant les derniers perfectionnements apportés à ces Arts, par MM. CARDELLI et LIONNET-CLÉMANDOT. Nouvelle édition complètement refondue par M. A. M. VILLON, ingénieur-chimiste. 1 vol. avec nombreuses illustrations. 4 fr.

— **Conserves alimentaires**, voyez *Alimentation.*

— **Construction moderne** (La), ou Traité de l'Art de bâtir avec solidité, économie et durée, comprenant la Construction, l'histoire de l'Architecture et l'Ornementation des édifices, par BATAILLE, architecte, anc. professeur. Nouvelle édition, revue, corrigée et augmentée par N. CHRYSOCHOÏDÈS. 1 vol. orné de 224 fig. dans le texte et accompagné d'un Atlas grand in-8° de 44 planches 15 fr.

— **Constructions agricoles**, traitant des matériaux et de leur emploi dans les Constructions destinées au logement des Cultivateurs, des Animaux et des Produits agricoles dans les petites, les moyennes et les grandes exploitations, par M. G. HEUZÉ, inspecteur de l'agriculture. 1 vol. accompagné d'un Atlas de 16 pl. grand in-8°. 7 fr.

— **Contre-Poisons**, par M. le Docteur H. CHAUSSIER. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Contributions Directes**, Guide des Contribuables, par M. BOYARD. (*En préparation.*)

— **Contributions directes** (Réclamations contre les), par Aimé IRBALD. 0 fr. 50.

— **Cordier**, contenant la culture des Plantes textiles, l'extraction de la Filasse, et la fabrication de toutes sortes de cordes et câbles, par G. LAURENT, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 113 figures. 3 fr. 50

— **Correspondance Commerciale**, par MM. REES-LESTIENNE et TRÉMERY. (*En préparation.*)

— **Corroyeur**, voyez *Tanneur.*

— **Couleurs** (Fabricant de) à l'huile et à l'eau, Laques, Couleurs hygiéniques, Couleurs fines, etc., par MM. RIF-FAULT, VERGNAUD, TOUSSAINT et MALEPEYRE. 2 volumes accompagnés de planches. 7 fr.

— **Coupe des Pierres**, contenant des notions de Géométrie élémentaire et descriptive, ainsi que l'art du Trait appliqué à la Stéréotomie, par MM. TOUSSAINT et H. M.-M., architectes. Nouvelle édition, augmentée d'un Appendice sur le transport et le travail de la pierre, par FROMHOLT. 1 vol. avec Atlas. 5 fr.

— **Coutelier**, ou l'Art de faire tous les Ouvrages de Coutellerie, par LANDRIN, ing^r civil. (*En préparation*).

— **Couvreur**, voyez *Plombier*.

— **Crustacés** (Hist. natur. des), par MM. BOSC et DESMAREST, etc. 2 vol. ornés de planches. 6 fr.

— **Cubage des Bois** en grume ou écorcés au 1/4 et au 1/5 réduits, de 1^m à 10^m 90 de longueur inclus, et de 0^m 40 à 4^m de circonférence inclus ; donnant tous les cubes par fraction de 0^m 10 en 0^m 10 pour la longueur et de 0^m 05 en 0^m 05 pour la circonférence, et permettant d'obtenir les cubes de toutes longueurs, par G. HAUDEBERT, ancien marchand de bois à Vendôme. 1 vol. 1 fr. 25

— **Cuisinier et Cuisinière**. (*En préparation*.)

— **Cultivateur Forestier**, contenant l'Art de cultiver en forêts tous les Arbres indigènes et exotiques, par M. BOITARD. 2 vol. (*En préparation*.)

— **Cultivateur Français**, ou l'Art de bien cultiver les Terres et d'en retirer un grand profit, par M. THIÉBAUT DE BERNEAUD. 2 vol. ornés de figures. 5 fr.

— **Dames**, ou l'Art de l'Elégance, par madame CELNART. (*En préparation*.)

— **Danse**, ou Traité théorique et pratique de cet Art, contenant toutes les *Danses de Société* et la Théorie de la Danse théâtrale, par BLASIS et LEMAITRE. 1 vol. 1 fr. 25

— **Décorateur-Ornementiste**. (*En préparation*.)

— **Dessin Linéaire**, par M. ALLAIN, entrepreneur de travaux publics. 1 vol. avec Atlas de 20 planches. 5 fr.

— **Dessinateur**, ou Traité complet du Dessin, par M. BOUTEREAU, professeur. 1 volume accompagné d'un Atlas de 20 planches, dont quelques-unes coloriées. 5 fr.

— **Distillateur-Liquoriste**, contenant les Formules des Liqueurs les plus répandues, les parfums, substances colorantes, etc., par MM. LEBRAUD, JULIA DE FONTENELLE et MALRKYRE. 1 gros volume. 3 fr. 50

— **Distillation de la Betterave, de la Pomme de terre**, du Topinambour et des racines féculentes, telles que la carotte, le rutabaga, l'asphodèle, etc., par HOURIER et MALEPEYRE. Nouvelle édition entièrement refondue par LARBALÉTRIER. 1 vol. accomp. de 3 pl. gravées sur acier. 3 fr.

— **Distillation des Grains et des Mèlasses**, par MM. F. MALEPEYRE et ALB. LARBALÉTRIER. 1 vol accompagné d'un Atlas de 9 planches in-8°. 5 fr.

— **Distillation des Vins, des Marcs, des Moûts, des Fruits, des Cidres, etc.**, par M. F. MALEPEYRE. Nouvelle édition revue, corrigée et considérablement augmentée par M. Raymond BRUNET, ingénieur-agronome. 1 vol. 3 fr.

— **Domestiques, ou Art de former de bons serviteurs**, par M^{me} CELNART. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Dorure, Argenture, Nickelage, Platinage sur Métaux**, au feu, au trempé, à la feuille, au pinceau, au pouce et par la méthode électro-métallurgique, traitant de l'application à l'Horlogerie de la dorure et de l'argenture galvaniques, et de la coloration des Métaux par les oxydes métalliques et l'Electricité, par MM. MATHEY, MAIGNE, A. VILLON et Georges PETIT, ingénieur civil. 1 vol. orné de 36 figures dans le texte. 3 fr. 50

— **Dorure sur bois** à l'eau et à la mixtion, par les procédés anciens et nouveaux, traitant des Peintures laquées sur Meubles et sur Sièges, par M. SAULO. 1 vol. 1 fr. 50

— **Drainage simplifié.** (*Voir Agriculture, p. 3.*)

— **Eaux et Boissons Gazeuses**, ou Description des méthodes et des appareils les plus usités dans cette industrie, le bouchage des bouteilles et des siphons, la Gazéification des Vins, Bières et Cidres, etc. Nouv. édit. augmentée des Boissons angl. et améric., par L. GASQUET, Ingénieur des Arts et Manufactures, et JARRE, Ingénieur. 1 vol. orné de 140 fig. dans le texte. 4 fr.

— **Eaux-de-Vie (Négociant en)**, Liquoriste, Marchand de Vins et Distillateur, par MM. RAVON et MALEPEYRE. Nouvelle édition revue, corrigée et augmentée par RAYMOND BRUNET, ingénieur-agronome, 1 vol. 1 fr.

— **Ebéniste et Tabletier**, traitant des Bois, de leur Teinture et de leur Apprêt, de l'Outillage, du Débitage des bois de placage, de la fabrication et de la réparation des Meubles de tout genre et du travail de la Tabletterie, par MM. NOSBAN et MAIGNE. 1 vol orné de figures et accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Electricité atmosphérique** (*voir Electricité.*)

- **Electricité médicale**, ou *Éléments d'Electro-Biologie*, suivi d'un *Traité sur la Vision*, par M. SMEE, traduit par M. MAGNIER. 1 vol. orné de figures. 3 fr.
- **Electricité**, contenant théorie, pratique et applications diverses, par G. PETIT, Ingénieur civil, 2 vol. ornés de 285 figures dans le texte. 8 fr.
- **Encres (Fabricant d')** de toute sorte, telles que Encres d'écriture, Encres à copier, Encres d'impression typographique, lithographique et de taille douce, Encres de couleurs, Encres sympathiques, etc., suivi de la *Fabrication des Cirages* et de l'*Imperméabilisation des Chaussures*, par MM. de CHAMPOUR, F. MALEPEYRE et A. VILLON. 1 v. 3 fr. 50
- **Engrais (Fabrication et application des)** animaux, végétaux et minéraux et des Engrais chimiques, ou *Traité théorique et pratique de la nutrition des plantes*, par MM. Eug. et Henri LANDRIN et M. Alb. LARBALÉTRIER. 1 vol. orné de figures. 3 fr.
- **Enregistrement** (voir page 32, *Précis*).
- **Entomologie élémentaire**, par M. BOYER DE FONSCOLOMBE. (*En préparation.*)
- **Epistolaire (Style)**, Choix de lettres puisées dans nos meilleurs auteurs et Instructions sur le style, par BIS-CARRAT et la comtesse d'HAUTPOUL (*En préparation.*)
- **Equarrisseur**, voyez *Charcutier*.
- **Equitation**, traitant du manège civil, du manège militaire, de l'Equitation des Dames, etc., par MM. VER-GNAUD et d'ATTANOUX. 1 vol. orné de figures. 3 fr.
- **Escaliers en Bois (Construction des)**, traitant de la manipulation et du posage des Escaliers à une ou plusieurs rampes, de tous les modèles et s'adaptant à toutes les constructions, par M. BOUTEREAU. 1 vol. et Atlas grand in-8° de 20 planches gravées sur acier. 5 fr.
- **Escrime**, ou *Traité de l'Art de faire des armes*, par M. LAFAUGÈRE. 1 vol. orné de figures. 2 fr. 50
- **Etat Civil (Officier de l')**, traitant de la Tenue des Registres et de la Rédaction des Actes, par M. LEMOLT. (*En préparation.*)
- **Etoffes imprimées et Papiers peints (Fabricant d')**. (*En préparation.*)
- **Falsifications des Drogues** simples ou composées, moyens de les reconnaître, par M. PÉDRONI, chimiste. 1 vol. avec planche. (*En préparation.*)
- **Ferblantier-Lampiste**, ou *Art de confectionner tous les Ustensiles en fer-blanc, de les souder, de les réparer, etc.*, suivi de la fabrication des Lampes et des Appareils d'éclairage, par MM. LEBRUN, MALEPEYRE et A. Ro-

MAIN. Nouv. édit. complètement refondue par G. PETIT, ingén. civ., 1 vol. orné de 178 fig. dans le texte. 4 fr.

— **Fermier.** — Voir *Agriculteur*, page 3.

— **Filature du Coton, Lin, Chanvre, Ramie, Jute, Laine, Soie, Soie artificielle, etc.**, par D. DE PRAT (*En prép.*).

— **Filetage**, contenant Méthode très pratique permettant à tout ouvrier tourneur de trouver toutes les roues nécessaires pour reproduire tous les pas : métriques, périodiques, bâtards et anglais, avec n'importe quelle vis-mère, par G. BARATTE, ouvrier mécanicien. 1 vol. 1 fr.

— **Fleuriste artificiel et Feuillagiste**, ou l'Art d'imiter toute espèce de Fleurs, de Feuillage et de Fruits, par M^{me} CELNART. 1 vol. orné de 50 figures. 3 fr.

On peut se procurer des *modèles coloriés*, dessinés d'après nature, par REDOUTÉ. La planche : 1 fr.

— **Fondeur**, traitant de la Fonderie du fer, de l'acier, du cuivre, du bronze et du laiton, de la fonte des statues, des cloches, etc., par MM. A. GILLOT et L. LOCKERT, ingénieurs. Nouvelle édition revue, corrigée et augmentée par N. CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des Arts et Manufactures. 2 vol. ornés de 253 figures dans le texte. 8 fr.

— **Fontainier**, voy. *Mécanicien-Fontainier, Sondeur*.

— **Forestier praticien** (le) et Guide des Gardes Champêtres (Voir *Cultivateur forestier, Gardes champêtres*).

— **Forgeron, Maréchal, Taillandier**, voyez *Charbon, Machines-Outils, Serrurier*.

— **Forges** (Maître de), ou Traité théorique et pratique de l'Art de travailler le fer, la fonte et l'acier. Nouv. édit. par N. CHRYSOCHOÏDÈS, ing. des Arts et Manufactures, 2 vol. ornés de 312 fig. dans le texte. 9 fr.

— **Froid artificiel** (Applications du), par A. BLANCHET, directeur du frigorifique des Halles centrales. 1 vol. orné de 74 fig. dans le texte. 4 fr.

— **Galvanoplastie**, ou Traité complet des Manipulations électro-metallurgiques, contenant tous les procédés les plus récents et les plus usités, par M. A. BRANDELY. Nouvelle édition revue et corrigée par G. PETIT, ingén. civil. 2 vol. ornés de 81 figures. 7 fr.

— **Gants** (Fabricant de), voyez *Chamoiseur*.

— **Gardes Champêtres, Gardes Forestiers, Gardes-Pêche, et Gardes-Chasse**, par M. BOYARD, anc. prés. à la C. d'Orléans, M. VASSEROT, anc. sous-préfet, M. V. EMION et M. L. GREVAT, juges de paix, 1 vol. 2 fr. 50

— **Gardes-Malades**, et personnes qui veulent se soigner elles-mêmes, par M. le docteur MORIN. 1 vol. 2 fr. 50

— **Gaz** (Appareilleur à), voyez *Plombier*.

— **Gaz** (Eclairage et Chauffage au), ou **Traité élémentaire et pratique** destiné aux Ingénieurs, aux Directeurs et aux Contre-Maîtres d'Usines à Gaz. mis à la portée de tout le monde, suivi d'un *Aide-Mémoire de l'Ingénieur-Gazier*, par M. D. MAGNIER, ingénieur-gazier. Nouvelle édition corrigée, augmentée et entièrement refondue, par E. BANCELIN, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ancien sous-régisseur d'usine de la C^{ie} Parisienne du Gaz. 2 vol. ornés de 322 figures dans le texte. 8 fr.

On a extrait de ce Manuel l'ouvrage suivant :

AIDE-MÉMOIRE DE L'INGÉNIEUR-GAZIER, contenant les Notions et les Formules nécessaires aux personnes qui s'occupent de la Fabrication et de l'Emploi du Gaz. Br. in-18. 75 c.

— **Géographie de la France**, divisée par bassins, par M. LORIOU (*Autorisé par l'Université*). 1 vol. 2 fr. 50

— **Géographie physique**, ou Introduction à l'étude de la Géologie, par M. HUOT. 1 vol. (*En préparation*.)

— **Géologie**, ou **Traité élémentaire** de cette science, par MM. HUOT et D'ORBIGNY. 1 vol. (*En préparation*.)

— **Gourmands**, ou l'Art de faire les honneurs de sa table, par CARDELLI. (*En préparation*.)

— **Graveur**, ou **Traité complet** de la Gravure en creux et en relief, Eau-forte, Taille douce, Héliogravure, Gravure sur bois et sur métal, Photogravure, Similigravure, Procédés divers, Clichage des gravures en plomb et en galvanoplastie, Fabrication des Cartes à jouer, Gravure de la musique, etc., par M. VILLON. 2 vol. orn. de fig. 6 fr.

— **Greffes** (Monographie des), ou Description des diverses sortes de Greffes employées pour la multiplication des végétaux. (*En préparation*.) — Voir *Jardinage*, p. 3.

— **Gymnastique**, par M. le colonel AMOROS. (*Ouvrage couronné par l'Institut, admis par l'Université, etc.*) 2 vol. et Atlas. (*En préparation*.)

— **Habitants de la Campagne** (Voir *Agriculteur*, page 3).

— **Histoire naturelle médicale et de Pharmacographie**, ou **Tableau des Produits** que la Médecine et les Arts empruntent à l'Histoire naturelle, par M. LESSON, ancien pharmacien de la marine à Rochefort. (*En préparation*.)

— **Horloger**, comprenant la Construction détaillée de l'Horlogerie ordinaire et de précision, et, en général, de toutes les machines propres à mesurer le temps; par LENORMAND, JANVIER et MAGNIER, revu par L. S.-T. Nouvelle édition entièrement refondue et augmentée de l'Hor-

logerie Electrique, l'Horlogerie Pneumatique et la Boîte à Musique, par E. STAHL. 2 vol. accompagnés d'un Atlas de 15 planches. 7 fr.

— **Horloger-Rhabilleur**, traitant du rhabillage et du réglage des Montres et des Pendules, augmenté de : **Corrélation du Pendule au rochet** avec le levier de la Force motrice. Etude mécanique appliquée à l'Horlogerie, par M. J.-E. PERSEGOL. 1 vol. orné de 59 fig. 2 fr. 50

On vend séparément :

CORRÉLATION DU PENDULE AU ROCHET. 50 c.

— **Huiles minérales**, leur Fabrication et leur Emploi à l'Eclairage et au Chauffage, par D. MAGNIER, ingénieur. Nouvelle édition par N. CHRYSOCHOÏDÈS. 1 vol. orné de 70 figures. 4 fr.

— **Huiles végétales et animales** (Fabricant et Epurateur d'), comprenant la Fabrication des Huiles et les méthodes les plus usuelles de les essayer et de reconnaître leur sophistication, par J. DE FONTENELLE, F. MALEPEYRE et AD. DALICAN. Nouvelle édition revue, corrigée et augmentée par N. CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des arts et manufactures. 2 vol. ornés de 190 fig. dans le texte. 7 fr.

— **Hydroscope**, voyez *Sondeur*.

— **Hygiène**, ou l'Art de conserver sa santé, par le docteur MORIN. 1 vol. (*En préparation*.)

— **Indiennes** (Fabricant d'), renfermant les Impressions des Laines, des Châles et des Soies, par MM. THIL-LAYE et VERGNAUD. 1 vol. accompagné de planches. (*En préparation*.)

— **Instruments de Chirurgie** (Fabricant d'), par M. H.-C. LANDRIN. (*En préparation*.)

— **Irrigations et assainissement des Terres**, ou Traité de l'emploi des Eaux en agriculture, par M. le Marquis DE PARETO, 3 vol. accompagnés de deux Atlas composés de 40 planches in-folio et de tableaux. (*En prép.*)

— **Jeunes gens**, ou Sciences, Arts et Récréations qui leur conviennent, par M. VERGNAUD. (*En préparation*.)

— **Jeux d'Adresse et d'Agilité**, contenant les Jeux et les Récréations d'intérieur et en plein air, par DUMONT. 1 vol. orné de figures (*En préparation*.)

— **Jeux de Calcul et de Hasard**. (*En prép.*)

— **Jeux de Cartes**, contenant les jeux anciens, jeux de combinaisons, jeux mixtes, jeux de sociétés, jeux de hasard, par E. LANES. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Jeux de Société**, renfermant les Rondes enfantines, les Jeux innocents, les Pénitences, les Jeux d'esprit, les Jeux de Salon les plus en usage dans les réunions intimes, par Madame CELNART. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Justices de Paix**, ou Traité des Compétences et Attributions tant anciennes que nouvelles, en toutes matières, par M. BIRET. (*En préparation.*)

— **Laiterie**, ou Traité de toutes les méthodes en usage pour traiter et conserver le Lait, faire le Beurre, confectionner les Fromages français et étrangers, et reconnaître les Falsifications de ces substances alimentaires, par M. MAIGNE. 1 vol. orné de figures. 3 fr.

— **Lampiste**, voyez *Ferblantier*.


— **Langage** (Pureté du), par M. BLONDIN (*En prép.*).

— **Langage** (Pureté du), par MM BISCARRAT et BONIFACE. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Levure (Fabricant de)**, traitant de sa composition chimique, de sa production et de son emploi dans l'industrie, principalement dans la Brasserie, la Distillation, la Boulangerie, la Pâtisserie, l'Amidonnerie, la Papeterie, par F. MALEPEYRE. Nouvelle édition revue et corrigée par R. BRUNET, ingénieur agronome. 1 vol. orné de fig. 2 fr. 50

— **Limonadier**, Glacier, Cafetier et Amateur de thés, contenant la fabrication de la Glace et des Boissons rafraîchissantes, par CHAUTARD et JULIA DE FONTENELLE. Nouvelle édition entièrement refondue par CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 76 figures dans le texte. 3 fr.

— **Linotypie**, la *Linotype à la portée de tous*, contenant description, fonctionnement, avaries et réparations, instructions aux opérateurs, par H. GIRAUD, mécanicien-électricien au journal *La Dépêche de Brest*, 1 vol. orné de 36 figures. 1 fr. 50

— **Liquides (Amélioration des)**, tels que Vins, Alcools, Spiritueux divers, Liqueurs, Cidres, Bières, Vinaigres, Laites, par V.-F. LEBEUF; 6^e éd., entièrement refondue, par le Dr E. VARENNE I. P. , ancien distillateur, négociant en vins et spiritueux, membre de la commission extraparlamentaire de l'alcool, etc., rédacteur scientifique à la *Revue Vinicole* (*Epuisé.*)

— **Lithographe** (Imprimeur et Dessinateur), traitant de l'Autographie, la Lithographie mécanique, la Chromolithographie, la Lithographie, la Zincographie, et des procédés nouveaux en usage dans cette industrie, par M. VILLON. 2 volumes et Atlas in-18, 9 fr.

— **Littérature** à l'usage des deux sexes, par madame D'HAUTPOUL. 1 vol. 1 fr. 75

— **Locomotion mécanique**, voyez *Vélocipédie et Automobiles*.

— **Luthier**, ou Traité de la construction des Instruments à cordes et à archet, tels que le Violon, l'Alto, le Violoncelle, la Contrebasse, la Guitare, la Mandoline, la Harpe, les Monocordes, la Vielle, etc., traitant de la Fabrication des Cordes harmoniques en boyau et en métal, par MM. MAUGIN et MAIGNE. Nouvelle édition suivie du mémoire sur la construction des instruments à cordes et à archet, par F. SAVART. 1 vol. avec fig. et planches. 3 fr. 50

— **Machines à Vapeur** appliquées à la Marine, par M. JANVIER. 1 vol. avec planches. (*En préparation.*)

— **Machines Locomotives** (Constructeur de), par M. JULLIEN, ingénieur civil (*En préparation.*)

— **Machines-Outils** employées dans les usines et ateliers de construction, pour le Travail des Métaux, par M. CHRÉTIEN. Voir page 32.

— **Maçon, Stucateur, Carreleur et Pavéur**, contenant l'emploi, dans ces industries, des matières calcaires et siliceuses, ainsi que la construction des Bâtimens de ville et de campagne, et les méthodes de Pavage expérimentées dans les grandes villes, par MM. TOUSSAINT, D. MAGNIER, G. PICAT et A. ROMAIN. 1 vol. orné de figures et accompagné de 6 planches. 3 fr. 50

— **Maires, Adjoints, Conseillers et Officiers municipaux**, rédigé par ordre alphabétique, par M. Ch. VASSEROT, ancien adjoint. (*En préparation.*)

— **Maître d'Hôtel**, ou Traité complet des menus, mis à la portée de tout le monde, par M. CHEVRIER. 1 vol. orné de figures. (*En préparation.*)

— **Maîtresse de Maison**, ou Conseils et Recettes sur l'Economie domestique, par M^{mes} PARISSET et CEINART. 1 vol. orné de fig. dans le texte. 4 fr.

— **Mammalogie**, ou Histoire naturelle des Mammifères, par M. LESSON. (*En préparation.*)

— **Marbrier**, contenant Etude et Travail des Marbres, série des Prix, Vocabulaire, et donnant les Modèles les plus variés de Monuments funèbres, Chambranles, Cheminées, etc., par Henry GUÉDY, architecte. 1 vol. et atlas grand in-8° de 20 planches, gravées sur acier. 7 fr.

— **Marine**, Grément, manœuvre du Navire et Artillerie, par M. VERDIER. 12 vol. ornés de figures. 5 fr.

— **Maroquinier**, voyez *Chamoiseur*.

— **Marqueteur et Ivoirier**, traitant de la fabrication des meubles et des objets meublants en marqueterie et en incrustation, de la Tableterie-Ivoierie, du travail de l'Ivoire, de l'Os, de la Corne, de la Baleine, de la Nacre, de l'Ambre, etc., par MM. MAIGNE et ROBICHON. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Mathématiques appliquées**, Notions élémentaires sur les Lois du mouvement des corps solides, de l'Hydraulique, de l'Air, du Son, de la Lumière, des Levés de terrains et nivellement, du Tracé des Cadrans solaires, etc., par RICHARD. (*En préparation.*)

— **Mécanicien-Fontainier**, comprenant la Conduite et la Distribution des Eaux, le mesurage aux Compteurs et à la Jauge, la Filtration, la fabrication des Robinets, des Fontaines, des Bornes, des Bouches d'eau, des Garde-robots, etc., par MM. BISTON, JANVIER, MALEPEYRE et A. ROMAIN. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr. 50

— **Mécanique**, ou Exposition élémentaire des lois de l'Equilibre et du Mouvement des Corps solides, par M. TERQUEM. (*En préparation.*) (Voir *Ajusteur-Mécanicien.*)

— **Médecine et Chirurgie domestiques**, contenant les moyens les plus simples et les plus rationnels pour la guérison de toutes les maladies, par M. le docteur MORIN. (*En préparation.*)

— **Mégissier**, voyez *Chamoiseur.*

— **Menuisier en bâtiments, Layetier-Emballeur**, traitant des Bois employés dans la menuiserie, de l'Outillage, du Trait, de la Construction des Escaliers, du Travail du Bois, etc., par MM. NOSBAN et MAIGNE. 2 vol. accompagnés de planches et ornés de figures. 6 fr.

— **Métaux** (Travail des), voyez *Machines-Outils, Tourneur, Charron, Chaudronnier, Ferblantier.*

— **Meunier, négociant en grains et constructeur de moulins**, par N. CHRYSOCHOÏDÈS, 2 vol. ornés de 140 figures dans le texte 7 fr.

— **Microscope** (Observateur au). Description du Microscope et ses diverses applications, par M. F. DUJARDIN. (*En préparation.*)

— **Minéralogie**, ou Tableau des Substances minérales, par M. HUOT (*En préparation.*)

— **Mines (Exploitation des).**

2^e partie, MÉTAUX PRÉCIEUX ET INDUSTRIELS, SOUFRE, SEL, IAMANT, par M. L. KNAB, ingénieur. 1 vol. avec pl. 3 fr. 50

- **Miniature**, voyez *Peinture à l'Aquarelle*.
- **Modelage. Moulage et Patine**, par F. MICHOT, ancien élève de l'École nationale des Beaux-Arts. 1 vol. orné de 27 figures. 1 fr.
- **Morale**, ou Droits et Devoirs dans la Société. 1 volume. (*En préparation.*)
- **Morale (La) de l'Enfance**, par le vicomte DE MOREL-VINDÉ. 1 vol. in-18 cartonné. (*En préparation.*)
- **Moraliste**, ou Pensées et Maximes instructives pour tous les âges de la vie, par M. TREMBLAY. 2 vol. 5 fr.
- **Moteurs Modernes** (Conducteur de), contenant description, montage, conduite et essais des moteurs modernes à gaz, à pétrole, à alcool, à eau, à air, etc., par BLANCARNOUX, ing^r des Arts et Métiers. 1 vol. orné de 144 fig. 4 fr.
- **Mouleur**, ou Art de mouler en Plâtre, au Ciment à l'argile, à la cire, à la gélatine, traitant du Moulage du carton, du carton-pierre, du carton-cuir, du carton-toile, du bois, de l'écaille, de la corne, de la baleine, du celluloïd, etc., contenant le moulage et le clichage des médailles, par MM. LEBRUN, MAGNIER, ROBERT et DE VALICOURT. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50
- **Moutardier**, voyez *Vinaigrier*.
- **Musique** : SOLFÈGES, MÉTHODES
- | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Méthode de Trompette | Méthode de Harpe... | 3 50 |
| et Trombone... | » 75 | — de Cor anglais 1 75 |
- **Mythologies**. (*En préparation.*)
- **Naturaliste préparateur, 1^{re} partie** : Classification, Recherche des Objets d'histoire naturelle et leur emballage, Disposition et Conservation des Collections, par M. BOITARD. 1 vol. orné de figures. 3 fr.
- **Seconde partie** : Art de préparer et d'empailler les Animaux, de conserver les Végétaux et les Minéraux, de préparer les Pièces d'Anatomie normale et d'embaumer les corps, par MM. BOITARD et MAIGNE. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50
- **Navigation**, par M. GIQUEL (*En préparation.*)
- *— **Numismatique ancienne**, par M. A. DE BARTHÉLEMY, Membre de l'Institut. 1 gros vol. accompagné d'un Atlas renfermant 12 planches où sont représentées 433 pièces. 7 fr.
- *— **Numismatique moderne et du moyen âge**, par M. AD. BLANCHET. 3 vol. accompagnés d'un Atlas renfermant 14 pl. où sont représentées 645 pièces. 15 fr.
- **Oiseaux (Eleveur d')**, ou Art de l'Oiselier, con-

tenant la Description des principales espèces d'Oiseaux indigènes et exotiques susceptibles d'être élevés en captivité: leur nourriture, leur reproduction, leurs maladies, etc., par M. G. SCHMITT. 1 vol. 1 fr. 75

— **Oiseleur**, ou Secrets anciens et modernes de la Chasse aux Oiseaux, traitant de la Fabrication et de l'emploi des Filets et des Pièges, par J. G. et CONRAD. 1 vol. orné de planches et de 48 figures dans le texte. Nouvelle édition. 3 fr. 50

— **Organiste**, contenant l'expertise de l'Orgue, sa description, la manière de l'entretenir et de l'accorder soi-même, suivi de Procès-verbaux pour la réception des Orgues de toute espèce et d'un dictionnaire des termes employés dans la facture d'orgues, par J. GUÉDON. 1 vol. orné de 94 figures dans le texte. 3 fr.

— **Orgues** (Facteur d'), ou Traité théorique et pratique de l'Art de construire les Orgues, contenant le travail de DOM BÉDOS et les perfectionnements de la facture jusqu'à nos jours, par HAMEL. Nouvelle édition revue et augmentée d'un Appendice donnant les nouveautés apportées dans la fabrication depuis la dernière édition, par J. GUÉDON. 1 vol. grand in-8 Jésus, orné de 64 fig. dans le texte et accompagné d'un Atlas de 43 planches. 20 fr.

— **Ornithologie**, ou Description des genres et des principales espèces d'oiseaux, par M. LESSON (*En prépar.*).

ATLAS D'ORNITHOLOGIE, composé de 129 planches représentant la plupart des oiseaux décrits dans l'ouvrage ci-dessus (*En préparation*).

— **Paléontologie**, ou des Lois de l'organisation des êtres vivants comparées à celles qu'ont suivies les Espèces fossiles et humatiles dans leur apparition successive; par M. MARCEL DE SERRES, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier. 2 vol. avec Atlas. 7 fr.

— **Papetier et Régleur**, traitant de ces arts et de toutes les industries annexes du commerce de détail de la Papeterie, par JULIA DE FONTENELLE et POISSON (*En préparation*).

— **Papiers de Fantaisie** (Fabricant de), Papiers marbrés, jaspés, maroquinés, gaufrés, dorés, etc.; Peau d'âne factice, Papiers métalliques, par FICHTENBERG (*En préparation*).

— **Parcheminier**, voyez *Chamoiseur*.

— **Parfumeur**, ou Traité complet de toutes les branches de la Parfumerie, contenant les procédés nouveaux, employés en France, en Angleterre et en Amérique, à

l'usage des chimistes-fabricants et des ménages, par MM. PRADAL, F. MALEPEYRE, et A. VILLON, 2 vol. ornés de figures. Nouvelle édition corrigée, augmentée et entièrement refondue, par M. A.-M. VILLON, ingénieur-chimiste. 6 fr.

— **Patinage** et Récréations sur la Glace, par M. PAULIN-DÉSORMEAUX. (*En préparation.*)

— **Pâtes alimentaires**, voyez *Amidonniér*.

— **Pâtissier**, ou Traité complet et simplifié de Pâtisserie de ménage, de boutique et d'hôtel, par M. LEBLANC. 1 vol, orné de figures. 3 fr.

— **Paveur et Carreleur**, voyez *Maçon*.

— **Pêcheur**, ou Traité général de toutes les pêches d'eau douce et de mer, contenant l'histoire et la pêche des animaux fluviatiles et marins, les diverses pêches à la ligne et aux filets en rivière et en mer, etc., par PESSON-MAISONNEUVE et MORICEAU. Nouvelle édition entièrement refondue par G. PAULIN. 1 vol. orné de 207 fig. dans le texte. 3 fr. 50

— **Pêcheur-Praticien**, ou les Secrets et les Mystères de la Pêche à la ligne dévoilés, par M. LAMBERT. Nouvelle édition par L. JAILLANT. 1 vol. orné de 96 figures dans le texte. 1 fr. 50

— **Peintre d'histoire et Sculpteur**, ouvrage dans lequel on traite de la philosophie de l'Art et des moyens pratiques, par M. ARSENNE, peintre. (*En préparation.*)

— **Peintre d'histoire naturelle**, contenant des notions générales sur le dessin, le clair-obscur, l'effet des couleurs, par M. DUMÉNIL. (*En préparation.*)

— **Peintre en Bâtimens, Vernisseur et Vitrier**, traitant de l'emploi des Couleurs et des Vernis pour l'assainissement et la décoration des habitations, de la pose des Papiers de tenture et du Vitrage, par RIFFAULT, VERGNAUD, TOUSSAINT et F. MALEPEYRE. Nouvelle édition revue et augmentée du Peintre d'enseignes, de la pose des Vitraux, etc. 1 vol. orné de 44 figures. 3 fr.

— **Peintre-Décorateur de théâtre**, par Gustave COQUIOT. 1 vol. orné de 50 figures. 3 fr.

— **Peintre de Lettres**, chiffres, attributs, armoiries, sous-verre, par VÉDÈRE, 1 vol. in-8° contenant 40 planches de modèles 10 fr.

— **Peintre en Voitures**, par V. THOMAS, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Rennes. 1 vol. orné de 54 figures, 3 fr.

— **Peinture à l'Aquarelle, Gouache, Miniature, Peinture à la cire, procédé Raffaëlli, etc.** Nouvelle édition, par Henry GUÉDY. 1 vol. 3 fr.

— **Peinture sur Verre, Porcelaine, Faïence et Email**, traitant de la décoration de ces matières, ainsi que de la fabrication des Emaux et des Couleurs vitrifiables et de l'Emallage sur métaux précieux ou communs et sur terre cuite, par MM. REBOULLEAU, MAGNIER et ROMAIN. 1 vol. avec figures. Nouvelle édition revue par H. BERTRAN. 4 fr.

— **Peinture et Vernissage des Métaux et du Bois**, traitant des Couleurs et des Vernis propres à décorer les Métaux et les Bois, de l'imitation sur métal des Bois indigènes et exotiques, de l'ornementation des Articles de ménage et des Objets de fantaisie, suivi de l'imitation des Laques du Japon sur menus articles, par MM. FINK et LACOMBE. 1 vol. orné de figures. 2 fr.

— **Pelletier-Fourreur et Plumassier**, traitant de l'apprêt et de la conservation des Fourrures et de la préparation des Plumes, par M. MAIGNE. 1 vol. orné de figures. 2 fr. 50

— **Perspective** appliquée au Dessin et à la Peinture, par M. VERGNAUD. 1 vol. accompagné de planches. 3 fr.

— **Pharmacie Populaire**, par M. JULIA DE FONTENELLE (*En préparation*).

— **Photographie** sur Métal, sur Papier et sur Verre, par M. DE VALICOURT. 2 vol. (*En préparation*.)

— SUPPLÉMENT à la Photographie sur Papier et sur Verre, par M. G. HUBERSON. 1 vol. 3 fr.

— **Photographie** (Répertoire de), Formulaire complet de cet Art, par M. DE LATREILLE. (*En préparation*.)

— **Physicien-Préparateur**, par MM. Ch. CHEVALIER et le docteur FAU (*En préparation*).

— **Physiologie végétale**, Physique, Chimie et Minéralogie appliquées à la culture, par M. BOITARD. 1 vol. orné de planches. 3 fr.

— **Plain-Chant ecclésiastique**. (*En préparation*.)

— **Plâtrier**, voyez *Chaufournier, Maçon*.

— **Plombier, Zingueur, Couvreur, Appareilleur à Gaz**, contenant la fabrication et le travail du Plomb et du Zinc et la manière de les souder, la Couverture des Constructions et l'Installation des Appareils et

des Compteurs à Gaz, par M. ROMAIN. Nouvelle édition, refondue, corrigée et augmentée, suivie de la *Série des Prix*, par N. CHRYSOCHOÏDÈS, 1 vol. orné de 266 figures dans le texte. 4 fr.

— **Poëlier-Fumiste**, traitant de la construction des Cheminées de tous modèles, des Fourneaux et des Poëles en terre, de l'agencement et de la Tuyauterie des Fourneaux en maçonnerie et des Poëles en terre, en fonte et en tôle, et du Ramonage des divers appareils de Chauffage, par MM. ARDENNI, J. DE FONTENELLE, F. MALEPEYRE et A. ROMAIN, 1 vol. orné de figures. 3 fr.

— **Poids et Mesures**, à l'usage des Médecins, etc. Brochure in-18. 25 c.

— **Poids et Mesures**, Comptes faits ou Barème général des Poids et Mesures, par M. ACHILLE NOUHEN. *Ouvrage divisé en cinq parties qui se vendent séparément.*

1^{re} partie, Mesures de LONGUEUR (*En préparation*).

2^e partie, — de SURFACE. 60 c.

3^e partie, — de SOLIDITÉ (*En préparation*).

4^e partie, POIDS (*En préparation*).

5^e partie, Mesures de CAPACITÉ (*En préparation*).

— **Poids et Mesures** (Barème complet des), avec conversion facile de l'ancien système au nouveau, par M. BAGILET. 1 vol. 3 fr.

— **Poids et Mesures** (Fabrication des). *Voir Potier d'étain.*

— **Police de la France.** (*En préparation.*)

— **Pompes (Fabricant de)** de tous les systèmes, rectilignes, centrifuges, à diaphragme, à vapeur, à incendie, d'épuisement, de mines, de jardins, etc., traitant des principales Machines élévatoires autres que les Pompes, par MM. JANVIER, BISTON et A. ROMAIN. 1 vol. orné de figures et accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Ponts et Chaussées : Première partie**, ROUTES ET CHEMINS, par M. DE GAYFFIER, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. 1 vol. avec planches. 3 fr. 50

— *Seconde partie*, PONTS ET AQUEDUCS EN MAÇONNERIE, par M. DE GAYFFIER, 1 vol. avec planches. 3 fr. 50

— *Troisième partie*, PONTS EN BOIS ET EN FER, par M. A. ROMAIN. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr. 50

— **Porcelainier, Faïencier, Potier de Terre**, contenant des notions pratiques sur la fabrication des Grès cérames, des Pipes, des Boutons, des Fleurs en porcelaine et des diverses Porcelaines tendres, par D. MAGNIER,

ingénieur civil. Nouvelle édition revue et augmentée par BERTRAN, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 148 figures dans le texte. 4 fr.

— **Potier d'Étain** et de la fabrication des **Poids et Mesures**, contenant la fabrication de la poterie d'Étain, Étains d'art ; poids et mesures de tous genres, balances, bascules, alcoomètres. Nouvelle édition par G. LAURENT, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 227 figures dans le texte. 4 fr.

— **Prestidigitation** (de), Traité complet de Tours de cartes à l'usage des gens du monde, par Roger BARBAUD, Chevalier de la Légion d'honneur. 1 vol. orné de 75 figures. 2 fr. 50

— **Prestidigitation et de Magie blanche** (de), 2^e série. Tours de cartes avec appareils, par R. BARBAUD, Chevalier de la Légion d'honneur. 1 vol. orné de 98 figures dans le texte. 2 fr. 50

— **Produits chimiques** (Fabricant de), par M. G.-E. LORMÉ. 4 gros volumes et Atlas de 16 planches grand in-8°. (*En préparation.*)

— **Propriétaire, Locataire** et Sous-Locataire, des biens de ville et des biens ruraux ; rédigé *par ordre alphabétique*, par MM. SERGENT et VASSEROT. 1 vol. 2 fr. 50

— **Puisatier**, voyez *Sondeur*.

— **Relieur** en tous genres, contenant les Arts de l'Assembleur, du Satineur, du Brocheur, du Rogneur, du Cartonneur et du Doreur, par MM. Séb. LENORMAND et W. MAIGNE. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr. 50

— **Roses** (Amateur de), leur Histoire et leur Culture, par M. BOITARD. (*En préparation.*)

— **Sapeur-Pompier** (Nouveau Manuel *complet* du), composé par une commission d'officiers du Régiment de Paris et de la Province, publié *par Ordre du Ministère de l'Intérieur*. Edition entièrement refondue d'après le nouveau matériel de la Ville de Paris. 1 vol. orné de 140 fig. dans le texte. Broché 3 fr. 50

Cartonné avec la couverture imprimée. 3 fr. 85

— **Sapeur-Pompier** (Nouveau Manuel *abrégé* du) composé par une commission d'officiers du Régiment de Paris et de la Province, publié *par ordre du Ministère de l'Intérieur*. Edition abrégée entièrement refondue, extraite du Nouveau Manuel complet. 1 vol. orné de nombreuses figures dans le texte. Broché. 2 fr.

Cartonné avec la couverture imprimée. 2 fr. 25

— **Sapeurs-pompiers** (THÉORIE des), extraite du nouveau Manuel complet du Sapeur-Pompier composé par une commission d'officiers du Régiment de Paris et de la Province.

Edition entièrement refondue, contenant les manœuvres de la Pompe à bras et des Echelles, d'après le nouveau matériel de la Ville de Paris. 1 vol. orné de nombreuses figures dans le texte. Broché 75 c.

Cartonné avec la couverture imprimée. 85 c.

— **Sapeurs-Pompiers** (*Manuel des Concours*) (Fédération nationale des Sapeurs-Pompiers français). 1 vol. (*En préparation*).

— **Sapeurs-Pompiers**, manuel des premiers secours par le Dr CH. LE PAGE. 1 vol. in-16 orné de 83 illust. dans le texte 2 fr.

— **Sapeurs-Pompiers**, voir Service d'Incendie dans les Villes et les Campagnes et page 32 : Incendies.

— **Sauvetage** dans les Incendies, les Puits, les Puitsards, les Fosses d'aisances, les Caves et Celliers, les Accidents en rivière et les Naufrages maritimes, par M. W. MAIGNE. 1 vol. orné de vignettes et de planches. (*En préparation*).

— **Savonnier**, ou Traité de la Fabrication des Savons, contenant des notions sur les Alcalis et les corps gras saponifiables, ainsi que les procédés de fabrication et les appareils en usage dans la Savonnerie, par M. E. LORMÉ. 3 vol. accompagnés de planches. 9 fr.

— **Sculpture sur bois**, contenant l'Outillage et les moyens pratiques de Sculpture, les Styles de l'Ornementation, l'Art de Découper les Bois, l'Ivoire, l'Os, l'Ecaille et les Métaux, la Fabrication des Bois comprimés, etc., par M. S. LACOMBE. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Serrurier**, ou Traité complet et simplifié de cet Art, traitant des Fers, des Combustibles, de l'Outillage, du Travail à l'Atelier et sur place, de la Serrurerie du Carrossage et des divers travaux de Forge, par PAULIN-DÉSORMEAUX et H. LANDRIN. Nouvelle édition entièrement refondue par CHRYSOCHOÏDÈS, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. orné de 106 fig. dans le texte et accompagné d'un Atlas de 16 planches. 5 fr.

— **Service d'Incendie** dans les Villes et les Campagnes, en France et à l'Étranger, par le lieutenant-colonel RAINCOURT, ancien chef de bataillon au régiment des Sapeurs-Pompiers, Président d'honneur du Congrès international des Sapeurs-Pompiers, en 1889, et M. MARCEL GRÉ-

GOIRE, Sous-Préfet de Pontoise. 1 vol. in-18 orné de 77 fig. dans le texte. 2 fr. 50

— **Soierie**, contenant l'art d'élever les Vers à soie et de cultiver le Mûrier, traitant de la Fabrication des Soieries, par M. DEVILLIERS. 2 vol. et Atlas. (*En préparation*).

— **Sommelier et Marchand de Vins**, contenant des notions sur les Vins rouges, blancs et mousseux, leur classification par vignobles et par crus, l'Art de les déguster, la description du matériel de cave, les soins à donner aux Vins en cercles et en bouteilles, l'art de les rétablir de leurs maladies, les coupages, les moyens de reconnaître les falsifications, etc., par M. MAIGNE. Nouvelle édition, revue, corrigée et augmentée, par R. BRUNET. 1 vol. orné de 97 figures dans le texte. 3 fr.

— **Sondeur, Puisatier et Hydroscope**, traitant de la construction des Puits ordinaires et artésiens et de la recherche des Sources et des Eaux souterraines, par M. A. ROMAIN, 1 vol. accompagné de planches. 3 fr. 50

— **Sorcellerie Ancienne et Moderne expliquée**, ou Cours de Prestidigitation (*Epuisé*). Voir *Prestidigitation*.

— **Souffleur à la Lampe et au Chalumeau**, (Voir *Verrier*).

— **Sucre (Fabricant et Raffineur de)**, par G. LAURENT (*En préparation*).

— **Taille-Douce** (Imprimeur en), par MM. BERTHIAUD et BOITARD. (*En préparation*).

— **Tanneur, Corroyeur et Hongroyeur**, contenant toutes les découvertes et les perfectionnements faits en France et à l'Etranger dans ces différentes industries, suivi de la fabrication des Courroies par MAIGNE, nouvelle édition, entièrement refondue, par G. PETIT, ingénieur civil. 2 vol. ornés de 85 figures. 6 fr.

— **Tapissier Décorateur**, par H. LACROIX, professeur technique. 1 vol. orné de 81 figures dans le texte. 2 fr. 50

— **Technologie physique et mécanique**, ou FORMULAIRE ANNOTÉ à l'usage des Ingénieurs, des Architectes, des Constructeurs et des Chefs d'usines, par H. GUÉDY, architecte. 1 vol. 4 fr.

— **Teinture des peaux**, voyez *Chamoiseur*,

* — **Teinture moderne**. Voir page 31.

— **Teinturier, Apprêteur et Dégraisseur**, ou Art de teindre la Laine, la Soie, le Coton, le Lin, le Chanvre et les autres matières filamenteuses, ainsi que les tissus simples et mélangés, au moyen des COULEURS ANCIENNES animales, végétales et minérales, par MM. RIFFAUT, VERGNAUD, JULIA DE FONTENELLE, THILLAYE, MALEPEYRE, ULRICH et ROMAIN. 2 vol. accompagn. de planch. 7 fr.


— **Supplément**, traitant de l'emploi en Teinture des COULEURS D'ANILINE et de leurs dérivés, par M. A.-M. VILLON, chimiste. 1 vol. 3 fr. 50

— **Télégraphie électrique**, contenant la description des divers systèmes de Télégraphes et de Téléphones, et leurs applications au service des Chemins de fer, des Sonneries électriques et des Avertisseurs d'incendie, par ROMAIN. 1 vol. orné de fig. et accompagné de pl. 3 fr. 50

— **Teneur de Livres**, renfermant la Tenue des Livres en partie simple et en partie double, par TRÉMERY et A. TERRIÈRE (*Ouvrage autorisé par l'Université*), suivi de la Comptabilité agricole, par R. BRUNET. 1 vol. 3 fr.

— **Terrassier et Entrepreneur** de terrassements, traitant des divers modes de transport, d'extraction et d'excavation, et contenant une description sommaire des grands travaux modernes, par CH. ETIENNE, AD. MASSON et D. CASALONGA. Nouvelle édit. revue et augmentée par N. CHRYSOCHOÏDÈS, 2 vol. ornés de 63 fig. dans le texte et accompagnés d'un atlas de 22 pl. gravées sur acier. 7 fr.

— **Théâtral (Manuel)** et du Comédien, contenant les principes de l'Art de la parole, par Aristippe BERNIER DE MALIGNY. 1 vol. (*En préparation.*)

— **Tissage mécanique**, contenant l'étude des divers textiles, les préparations du tissage, la description, montage et réglage des métiers à tisser, etc., par R. LARIVIÈRE  A., ingénieur civil, directeur de tissage, et F. JACOBS, ancien élève de l'Ecole polytechnique, sous le patronage de Monsieur A. SCRIVE-LOYER, président du Comité de filature et tissage de la Société industrielle du Nord de la France. 1 vol. orné de 106 figures dans le texte. 4 fr.

— **Tissus** (Dessin et Fabrication des) façonnés. (*En préparation.*)

— **Tonnellier**, contenant la fabrication des Tonneaux, des Cuves, des Foudres et des autres vaisseaux en bois cerclés, suivi du *Jaugeage* des fûts de toute dimension, par P. DÉSORMEAUX, OTT et MAIGNE. Nouvelle édition revue et corrigée par RAYMOND BRUNET, Ingénieur agronome. 1 vol. orné de 227 figures. 3 fr.

— **Tourneur**, ou Traité théorique et pratique de l'art du Tour, contenant la description des appareils et des procédés les plus usités pour tourner les Bois et les Métaux, les Pierres, l'Ivoire, la Corne, l'Ecaille, la Nacre, etc.; ainsi que les notions de Forge, d'Ajustage et d'Ebénisterie indispensables au Tourneur, par E. DE VALICOURT. 1 vol. grand in-8, contenant 27 planches de figures; 4^e édition, revue et corrigée. 15 fr.

— **Tours de cartes** (Voir *Prestidigitation*).

— **Treillageur**, *Première partie*, traitant de la fabrication à la main, par M. P. DÉSORMEAUX. 1 vol. accompagné de planches (*En préparation*).

— **Treillageur**, *Seconde partie*, traitant de l'outillage, de la fabrication à la main et à la mécanique, de la confection des Grillages, Claies, Jalousies, etc., par M. E. DARTHUY. 1 vol. avec figures et planches. 3 fr.

— **Typographie** (de). Historique. Composition. Règles orthographiques. Imposition. Travaux de ville. Journaux. Tableaux. Algèbre. Langues étrangères. Musique et plain-chant. Machines. Papier. Stéréotypie. Illustration, par EMILE LECLERC, de la *Revue des arts graphiques*, ancien directeur de l'Ecole professionnelle Lahure. Préface de M. PAUL BLUYSEN. 1 vol. orné de 100 figures dans le texte. (*Nouvelle édition sous presse*).

On vend séparément les SIGNES DE CORRECTION. 50 c.

— **Vannerie (Fabrication de la)**, Cannage et Paillage des Sièges, par A. AUDIGER. 1 volume orné de 134 figures. 3 fr.

— **Vélocipédie (de)**, Locomotion, Vélocipèdes, Construction, etc., par Louis LOCKERT, ingénieur diplômé de l'Ecole centrale. 1 vol. orné de 58 fig. dans le texte. Terminé par l'art de monter à Bicycleette, par RIVIERRE. 1 fr. 50

— **Vernis (Fabricant de)**, contenant les formules les plus usitées de vernis de toute espèce, à l'éther, à l'alcool, à l'essence, vernis gras, etc., par M. A. ROMAIN. 1 vol. orné de figures. 4 fr.

— **Verrier et Fabricant de cristaux**, Pierres précieuses factices, Verres colorés, Yeux artificiels, par JULIA DE FONTENELLE et MALEPEYRE. Nouvelle édition entièrement refondue par BERTRAN, Ingénieur des Arts et Manufactures. 2 vol. ornés de 235 fig. dans le texte. 8 fr.

— **Vétérinaire**, contenant la connaissance des chevaux, la Description de leurs maladies, les meilleurs modes de traitement, etc., par M. LEBEAU (*En préparation*),

— **Vignerons**, ou l'Art de cultiver la Vigne, de la protéger contre les insectes qui la détruisent, et de faire le Vin, contenant les meilleures méthodes de Vinification, traitant du chauffage des Vins, etc., par THIÉBAUT DE BERNEAUD et F. MALEPEYRE. 1 vol. orné de 40 figures. Nouvelle édition, revue par R. BRUNET. 3 fr. 50

— **Vigne** (voir page 33).

— **Vinaigrier et Moutardier**, contenant la fabrication de l'acide acétique, de l'acide pyroligneux, des acétates, et les formules de Vinaigres de table, de toilette et pharmaceutiques, l'analyse chimique de la graine de moutarde, ainsi que les meilleures recettes pour la préparation de la moutarde, par MM. J. DE FONTENELLE et F. MALEPEYRE. 1 vol. orné de figures. 3 fr. 50

— **Vins** (Calendrier des), ou instructions à exécuter mois par mois, pour conserver, améliorer ou guérir les Vins. (*Ouvrage destiné aux Garçons de caves et de celliers, et aux Maîtres de Chais, faisant suite à l'Amélioration des Liquides*), par M. V.-F. LEBEUF (*Epuisé*).

— **Vins de Fruits et Boissons économiques**, contenant l'Art de fabriquer soi-même, chez soi et à peu de frais, les Vins de Fruits, les Vins de Raisins secs, le Cidre, le Poiré, les Vins de Grains, les Bières économiques et de ménage, les Boissons rafraîchissantes, les Hydromels, etc., et l'Art d'imiter avec les Fruits et les Plantes les Vins de table et de liqueur français et étrangers, par M. F. MALEPEYRE. 1 vol. (*Epuisé*).

— **Vins mousseux** (Voyez *Eaux et Boissons gazeuses*).

— **Zingueur**, voyez *Plombier*.

INDUSTRIE, ARTS ET MÉTIERS

* **Guide pratique de Teinture moderne**, suivi de l'Art du Teinturier-Dégraisseur, contenant l'étude des fibres textiles et des matières premières utilisées en Teinture, et des procédés les plus récents pour la fixation des couleurs sur laine, soie, coton, etc., par V. THOMAS, docteur ès-sciences, préparateur de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 1 vol. grand in-8 raisin, orné de 133 figures dans le texte. 20 fr.

Art du Peintre, Doreur et Vernisseur, par WATIN ; 14^e édit., revue pour la fabrication et l'application des couleurs, par MM. Ch. et F. BOURGEOIS, et augmentée de l'*Art du Peintre en voitures, en marbres et en faux-bois*, par M. J. DE MONTIGNY, ingénieur. 1 vol. in-8°. 6 fr.

Calcul des essieux pour les Chemins de Fer; Coup d'œil sur les roues de wagons, par A.-C. BENOIT-DUPORTAIL, 1856. Brochure in-8°. 1 fr. 75

Cubage des Bois en grume (Tarif de), au mètre cube réel et au mètre cube marchand, par M. CH. BLIND, Brochure in-18. 75 c.

Études sur quelques produits naturels applicables à la Teinture, par ARNAUDON, 1858. Br. in-8°. 1 fr. 25

— **Guia del Cultivador de Montes y de la Guarderia Rural** — ó — **La Silvicultura Práctica**. 1 vol. in-8°. 2 fr.

Incendies des matières dangereuses et explosives (Les) (dangers, précautions, moyens et appareils), *les extincteurs d'incendie*, par Daniel PIERRE, ingénieur chimiste. 1 vol. in-8°, avec figures. 2 fr.

Levés à vue (Des) et du Dessin d'après nature, par M. LEBLANC. Brochure in-18 avec planche. 25 c.

Machines-Outils (Traité des) employées dans les usines et les ateliers de construction pour le Travail des Métaux, par M. J. CHRÉTIEN, 1866. 1 volume in-8° Jésus, renfermant 16 planches gravées avec soin sur acier. 12 fr.

Manipulations hydroplastiques, ou Guide du Doreur et de l'Argenteur, par M. ROSELEUR. 1 volume in-8°. 15 fr.

Manuel-Barème pour les Alliages d'Or et d'Argent. Ouvrage indispensable aux Fabricants Bijoutiers et Orfèvres, ainsi qu'à toutes les personnes qui s'occupent du commerce des Métaux précieux, par M. A. MERCIER. 1 vol. in-8°. Broché, 10 fr. Relié en toile, 11 fr. 50

Manuel de la Filature du Lin et de l'Etope, Application du Système métrique au Calcul du mouvement différentiel, par DELMOTTE. 2^e éd., 1878. 1 vol. in-12. 2 fr. 50

Mémoire sur l'Appareil des voûtes hélicoïdales et des voûtes biaises à double courbure, par M. A.-A. SOUCHON. 1 vol. in-4° renfermant 8 planches. 3 fr. 50

Précis des Candidats au Surnumérariat de l'Enregistrement, par GAVAND, receveur des Domaines. 1 vol. gr. in-8°. 5 fr.

Traité du Chauffage au Gaz, par Ch. HUGUENY, 1857. Brochure in-8. 1 fr. 50

Traité de la Coupe des Pierres, ou Méthode facile et abrégée pour se perfectionner dans cette science, par J.-B. DE LA RUE. 3^e édition, revue et corrigée par M. RAMÉE, architecte. 1 vol. in-8 de texte, avec un Atlas de 98 planches in-folio. 20 fr.

Traité des Echafaudages, ou Choix des meilleurs modèles de Charpentes, par J.-Ch. KRAFFT. 1 vol. in-folio relié, renfermant 51 planches gravées sur acier. 25 fr.

Usage de la Règle logarithmique, ou Règle-calcul. In-18. 25 c.

Vignole du Charpentier. 1^{re} partie, ART DU TRAIT, contenant l'application de cet art aux principales constructions en usage dans le bâtiment, par M. MICHEL, maître charpentier, et M. BOUTEREAU, professeur de géométrie appliquée aux arts. 1 vol. in-8^o, avec Atlas de 72 pl. 20 fr.

OUVRAGES SUR L'HORTICULTURE

L'AGRICULTURE, L'ÉCONOMIE RURALE, ETC.

La Vigne et les Foyers de vie, par H. EMON. Porte-greffes anciens et nouveaux (dernière création). Invasions d'insectes et d'animaux nuisibles. Le problème de l'utilité des oiseaux et le problème de la cochyliis. Etude historique et scientifique des levures (collaboration G. JACQUEMIN). 1 vol. in-18 jésus (13 × 19), 35 figures. 3 fr.

Guide de la Basse-cour, par R. REMY, aviculteur-éleveur, 1912. In-18 jésus. 1 fr. 50.

Plantes vivaces de la maison Lebeuf, ou Liste des espèces les plus intéressantes cultivées dans cet établissement, avec quelques renseignements sur leur culture, leur emploi, etc., par GODEFROY-LEBEUF et BOIS, 1882. 1 vol. in-18, orné de figures. 2^e édition. 1 fr. 50

Les Insectes nuisibles aux arbres fruitiers. Moyens de les détruire, par A. RAMÉ.

1^{re} partie : LES LÉPIDOPTÈRES. 1 vol. in-18, 2^e éd. 1 fr. 25

Histoire du Pommier, par DUVAL, 1852. Brochure in-8. 1 fr. 50

Etude sur les Sauterelles et les Criquets, moyens d'en arrêter les invasions et de les transformer en Engrais par les procédés DURAND et HAUVEL, brevetés s. g. d. g., 1878. Brochure in-8 de 36 pages. 75 c.

ALBUMS INDUSTRIELS

(Prière de joindre 5 0/0 en plus pour l'envoi franco)

Nouveau Roubo (*l'Art de la Menuiserie*). Atlas de 134 planches (31 × 41) accompagnées d'un fort volume de texte de plus de 740 pages, illustré de nombreuses figures et d'un grand nombre de planches 45 fr.

Nouveau Supplément Roubo. Atlas de 108 planches (31 × 41) accompagnées d'un fort volume de texte descriptif et explicatif orné de nombreux dessins. 50 fr.

La Menuiserie Moderne, par L. BERTIN. Atlas de 112 planches (32 × 42), texte explicatif illustré de nombreux dessins et devis très détaillés. 65 fr.

Supplément à la Menuiserie Moderne (*Menuiserie nouvelle et pittoresque*), par L. BERTIN. 40 planches (32 × 42), dessinées à l'échelle et tirées en plusieurs couleurs, texte illustré et devis détaillés. 40 fr.

Menuiserie d'Art nouveau, par F. BARABAS. 36 planches (32 × 42), dont 32 en couleurs, et texte explicatif. 30 fr.

Menuiserie d'Art contemporaine, d'après les époques Gothique, Renaissance, Louis XIII, Louis XIV, Louis XV, Louis XVI, Empire et Moderne, par E. FOUSSIER, architecte-décorateur. 44 planches (format 32 × 42) tirées sur fond chine avec texte descriptif et explicatif. 32 fr.

Nouveau Traité théorique et pratique de l'Ebénisterie, d'après Roubo, sous la direction de J.-T. VERCHÈRE fils. 1^{re} partie, Atlas de 100 planches avec texte illustré de 88 dessins et devis détaillés. 48 fr.

2^e partie, 24 planches nouvelles complémentaires avec texte et devis. 12 fr.

Nouveau Supplément au Nouveau Traité d'Ebénisterie (*Compositions nouvelles d'ameublement*, par L. BERTIN). Chaque planche d'ensemble est suivie d'une planche de détails au 1/4 d'exécution, avec plans et coupes au dixième. — Un album de 60 planches (30 × 40) avec texte et devis dans un carton. 50 fr.

Meubles modernes (sapin et pitchpin), par L. BERTIN, dessinateur. 40 planches (32 × 42) imprimées en plusieurs couleurs, texte descriptif et devis détaillés. 40 fr.

L'Ameublement Art nouveau, par F. BARABAS. 30 planches (40 × 53), avec table explicative. 35 fr.

Petit Carnet, N° 1, MEUBLES SIMPLES, Petit Album de poche, contenant 40 planches, représentant 67 modèles.

En noir, 5 fr. — En couleur. 7 fr.

Petit Carnet, N° 5. TENTURES. 60 pl. contenant 66 modèles de tentures classiques, modernes et art nouveau, en noir 7 fr. 50 ; en couleur. 12 fr.

Recueil pratique d'Ameublements complets de divers styles. 25 planches (52 × 48) dans un carton. 25 fr.

Ornementation (La connaissance des Styles de l'), Histoire de l'ornement et des arts qui s'y rattachent depuis l'ère chrétienne jusqu'à nos jours, par D. GUILMARD. 1 beau vol. in-4°, richement illustré et accompagné de 42 planches noires. 25 fr.

Traité théorique et pratique de Charpente, par L. MAZEROLLE. Atlas de 112 planches gravées (32 × 42) et deux volumes de texte descriptif et explicatif. 65 fr.

VIENT DE PARAÎTRE : 4 planches nouvelles avec texte. Notions de perspective. 4 fr.

Supplément au Traité théorique et pratique de Charpente, par P. MAZEROLLE fils et A. GAILLARDIN, architecte. Atlas de 60 planches (31 × 41), dont quelques-unes en couleur, un volume de texte explicatif avec devis très détaillés. 35 fr.

Traité de Serrurerie et Construction en fer. Atlas de 112 planches (32 × 42), dont une partie en plusieurs couleurs, et un volume de texte descriptif et explicatif de 440 pages, illustré de nombreuses figures. 60 fr.

Supplément au Traité de Serrurerie et Construction en fer. Atlas de 68 planches (32 × 42), avec texte explicatif orné de dessins. 50 fr.

L'Architecture nouvelle (1^{re} Série). Choix de petites constructions économiques, maisons de campagne et de plaisance, etc. — Chaque construction est donnée avec les plans, coupes, profils, détails, et complétée par les devis descriptifs et estimatifs très détaillés. 100 planches (28 × 37) tirées en plusieurs couleurs, accomp. d'un fort vol. de devis (même format que les planches). 75 fr.

L'Architecture nouvelle (2^e Série). Atlas de 64 planches tirées en plusieurs couleurs (*donnant plus de 70 modèles différents*), avec plans, coupes et détails ; un texte descriptif et explicatif, avec devis très détaillés du même format que les planches, accomp. l'atlas. 55 fr.

L'Architecture nouvelle (3^e Série). Constructions diverses et de style Art nouveau, 72 planches (28 × 37)

tirées en plusieurs couleurs avec plans, coupes et détails, un volume des devis descriptifs et estimatifs très détaillés accompagne les planches. 60 fr.

Traité théorique et pratique de Maçonnerie et des parties qui s'y rattachent. Atlas de 40 planches en couleurs, accompagnées d'un fort volume de texte d'environ 400 pages, orné de dessins. 35 fr.

Trucs d'Atelier, 2,000 formules, procédés ou tours de mains pour la Peinture en Bâtimens, par A. DESAINT. 2 vol. in-8° illustrés. 16 fr.

Nouveaux Modèles de Tombeaux, par R. BRANDON, architecte, et E. DELRIEU, dessinateur. 80 planches (28 × 37) donnant 109 modèles différents et un grand nombre de détails et motifs divers avec texte descriptif.

En noir, 45 fr. — En couleurs. 55 fr.

Traité théorique et pratique du Tapissier, par G.-Félix LENOIR. Atlas de 80 planches et un volume de texte explicatif. 50 fr.

Décoration des Appartemens. 2^e édition, ouvrage faisant suite au *Traité théorique et pratique du Tapissier*, par G.-Félix LENOIR. Alb. de 60 pl. (22 × 32). 40 fr.

Bois et Marbres reproduits d'après nature, texte explicatif, par E. MULIER, peintre décorateur. 40 planches (format 26 × 34) avec texte explicatif. 55 fr.

Peinture d'Art Nouveau (1^{re} Série), par E. MULIER, peintre décorateur. 32 planches en couleurs (format 32 × 42), avec texte explicatif. 50 fr.

Peinture d'Art Nouveau (2^e Série) : *Décorations Murales et Plafonds*, par E. MULIER. 40 pl. en coul. (format 32 × 43) dessinées à l'échelle, av. texte expl. 65 fr.

Peinture d'Art Nouveau (3^e Série) : *Décorations Murales et Plafonds. Panneaux décoratifs. Attributs et Emblèmes*, par E. MULIER. 40 planches en couleurs (format 32 × 43), avec texte explicatif. 70 fr.

Décoration Moderne par la Plante, par E. MULIER, peintre décorateur, et Marc BORDÈRE, peintre décorateur. 1^{re} Série : **Fleurs**. 32 planches en couleurs (format 28 × 36), avec texte explicatif. 40 fr.

2^e Série : **Fruits**. 32 planches en couleurs (format 28 × 36), avec texte explicatif. 40 fr.

Code de la propriété immobilière, par G. DURANT-FARGET, avocat à la Cour d'appel de Paris. 5 forts vol. in-8° (*En souscription*).

Envoi sur demande des prospectus détaillés de ces diverses publications

L'AMEUBLEMENT ET LE GARDE-MEUBLE

RÉUNIS

publie 48 Planches par an, divisées en deux parties

MEUBLES — TENTURES

Il paraît tous les deux mois 4 Planches de Meubles et 4 Planches de Tentures

La catégorie Tentures contient quelques planches de *Sièges* et chacune de ses livraisons est accompagnée d'un texte descriptif et explicatif donnant les développements, tableaux d'emplois et prix de revient des modèles.

PRIX DES ABONNEMENTS ANNUELS PARTANT DE JANVIER :

	FRANCE	ÉTRANGER
Meubles. . 24 pl.	noir 14 f. ; coul. 20 f.	noir 15 f. ; coul. 22 f.
Tentures. 24 pl.	— 14 f. ; — 20 f.	— 15 f. ; — 22 f.

NOUVEAU JOURNAL

DE

MENUISERIE

48 planches par an (25 × 33) avec texte descriptif et explicatif, en 12 livraisons de 4 planches chacune tous les mois, à partir du 1^{er} juillet 1910.

Prix pour abonnement d'un an. 12 fr. — Etranger. 15 fr.
Chaque année parue. 15 fr.

NOUVEAU JOURNAL

DE

SERRURERIE

ET DE

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

48 planches par an (25 × 33) avec texte descriptif et explicatif et le cours des fers, en 12 livraisons de 4 planches chacune tous les mois, à partir du 15 juin 1911.

Prix pour abonnement d'un an. 12 fr. — Etranger. . 15 fr.
Chaque année parue. 15 fr.

L'HABITATION MODERNE

Revue Mensuelle d'Architecture

paraissant le 15 de chaque mois

sous la direction de A. GELBERT, I. P., architecte

Il paraît dans une année (format 25 × 33) 48 pl. hors texte dont 12 aquarelles, 48 p. de texte descriptif et explicatif illustré avec Bulletin judiciaire ; et comme supplément gratuit : 12 Bulletins « Cours des Matériaux », 4 grandes pl. hors texte (65 × 100) Etudes de profils et motifs d'intérieur et d'extérieur. — Prix de l'abonnement partant du 15 avril : France : 12 fr. ; Etranger : 15 fr.

L'année une fois parue : 15 fr.

NOUVEAUX PROCÉDÉS

DE

TAXIDERMIE

Accompagnés de Photographies des principaux types de la collection de l'auteur à Makri-Keui, près Constantinople, de Physionomies de Rapaces sur nature, et suivis de quelques impressions ornithologiques, par le COMTE ALLÉON, commandeur de l'ordre du Mérite civil de Bulgarie, chevalier de l'ordre de St-Grégoire, officier du Medjidié, membre du Comité international permanent ornithologique de Vienne, médaille d'or à l'exposition de Vienne 1883. 1 vol. in-8° jésus, 32 p. de texte, 132 fig. tirées sur papier couché. 25 fr.

BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS

6 vol. format in-18, grand papier

1 fr. 75 le volume

Livre du Cultivateur, Guide complet de la culture des Champs, par M. MAUNY DE MORNAY. 1837. 1 vol. accompagné de 2 planches.

Livre du Jardinier, Guide complet de la culture des Jardins fruitiers, potagers et d'agrément, par M. MAUNY DE MORNAY. 1838. 2 vol. accompagnés de 2 planches.

Livre des Logeurs et des Traiteurs, Code complet des Aubergistes, Maîtres d'hôtel, Teneurs d'hôtel garni, Logeurs, Traiteurs, Restaurateurs, Marchands de Vin, etc., suivi de la Législation sur les Boissons. 1838. 1 vol.

Livre du Fabricant de Sucre et du Raffineur, par M. MAUNY DE MORNAY. 1837. 1 vol. accompagné de 2 planches.

Livre du Vigneron et du Fabricant de Cidre, de Poiré, de Cormé, et autres Vins de Fruits, par M. MAUNY DE MORNAY. 1838. 1 vol. accompagné d'une planche.

SUITES A BUFFON

Formant avec les Œuvres de cet auteur

UN

COURS COMPLET D'HISTOIRE NATURELLE

EMBRASSANT

LES TROIS RÈGNES DE LA NATURE

Belle Édition, format in-octavo

DIVISION DE L'OUVRAGE

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zoologie générale (Supplément à Buffon), ou Mémoires et Notices sur la Zoologie, l'Anthropologie et l'Histoire de la Science, par M. ISIDORE GEOFFROY-SAINT-HILAIRE. 1 vol. avec 1 livraison de planches. | Fig. coloriées. 210 fr. |
| Fig. noires. 13 fr. | Poissons , par M. A.-Aug. DUMÉRIL, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, professeur agrégé libre à la Faculté de Médecine de Paris. Tomes I et II (en 3 volumes) avec 2 livraisons de planches. (<i>En publication</i>). |
| Fig. coloriées. 21 fr. | Fig. noires. 34 fr. |
| Cétacés (Baleines, Dauphins, etc.), ou Recueil et examen des faits dont se compose l'histoire de ces animaux, par M. F. CUVIER, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. 1 vol. avec 2 livraisons de planches. | Fig. coloriées. 50 fr. |
| Fig. noires. 17 fr. | Entomologie (Introduction à l'), comprenant les principes généraux de l'Anatomie, de la Physiologie des Insectes; des détails sur leurs mœurs, et un résumé des principaux systèmes de classification, etc., par M. LACORDAIRE, professeur à l'Université de Liège. (<i>Ouvrage adopté et recommandé par l'Université pour être placé dans les bibliothèques des Facultés et des Collèges, et donné en prix aux élèves</i>). |
| Fig. coloriées. 33 fr. | 2 vol. et 2 livraisons de planches. |
| Reptiles (Serpents, Lézards, Grenouilles, Tortue, etc.), par M. DUMÉRIL, membre de l'Institut, professeur à la Faculté de Médecine et au Muséum d'Histoire naturelle, et M. BIRBRON, professeur d'Histoire naturelle. 10 vol. et 10 livraisons de planches. | Fig. noires. 25 fr. |
| Fig. noires. 130 fr. | Fig. coloriées. 40 fr. |

- Insectes Coléoptères** (Cantharides, Charançons, Hannetons, Scarabées, etc.) par M. LACORDAIRE, professeur à l'Université de Liège, et M. le D^r CHAPUIS, membre de l'Académie royale de Belgique. 14 vol. avec 13 livraisons de planches.
Fig. noires. 170 fr.
(Manque de coloris).
- **Orthoptères** (Grillons, Criquets, Sauterelles), par M. AUDINET-SERVILLE, membre de la Société entomologique de France. 1 vol. et 1 livraison de pl. Fig. noires. 13 fr.
- **Hémiptères** (Cigales, Punaises, Cochenilles, etc.) par MM. AMYOT et SERVILLE. 1 vol. et 1 livraison de planches.
Fig. noires. 13 fr.
- Insectes Lépidoptères** (Papillons). *Les deux parties de cet ouvrage se vendent séparément.*
- **DIURNES**, par M. BOISDUVAL, tome I^{er}, avec 2 livraisons de planches. (*En publication*).
Fig. noires. 17 fr.
- **NOCTURNES**, par MM. BOISDUVAL et GUÉNÉE, tome I^{er}, avec 1 livraison de planches, tomes V à X, avec 5 livraisons de planches. (*En publication*).
Fig. noires. 90 fr.
Fig. colorées. 125 fr.
- **Névroptères**, par M. le D^r RAMBUR. (*Epuisé*).
- **Hyménoptères** (Abeilles, Guêpes, Fourmis, etc.), par M. le comte LEPELLETTIER DE SAINT-FARGEAU et M. BRULLÉ. 4 vol. avec 4 livraisons de planches.
Fig. noires. 50 fr.
Fig. colorées. 90 fr.
- **Diptères**, par M. MACQUART (*Epuisé*).
- **Aptères** (Araignées, Scorpions, etc.), par MM. WALCKENAER et GERVAIS. 4 vol. avec 5 livraisons de planches.
Fig. noires. 54 fr.
- Crustacés** (Ecrevisses, Homards, Crabes, etc.), comprenant l'Anatomie, la Physiologie et la classification de ces animaux, par M. MILNE-EDWARDS, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, etc. 3 vol. avec 4 livraisons de planches.
Fig. noires. 42 fr.
- Helminthes** ou Vers intestinaux, par M. DUJARDIN, doyen de la Faculté des Sciences de Rennes. 1 vol. avec 1 livraison de planches (*Epuisé*).
- Annelés marins et d'eau douce** (Annélides, Géphyriens, Sangsues, Lombrics, etc.), par M. DE QUATREFAGES, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, et M. LÉON VAILLANT, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. Tomes I et II (en 3 vol.) avec 2 livraisons de planches.

- Fig noires. 32 fr.
Tome III (en 2 vol.) avec
1 livraison de planches.
Fig. noires. 22 fr.
- Zoophytes Acalèphes**
(Physales, Béroés, Angèles,
etc.), par M. LESSON, cor-
respondant de l'Institut,
pharmacien en chef de la
Marine, à Rochefort. 1 vol.
avec 1 livraison de pl.
Fig. noires. 43 fr.
- **Echinodermes** (Our-
sins, Palmettes, etc.), par
MM. DUJARDIN, doyen de
la Faculté des Sciences de
Rennes, et HUPÉ, aide-na-
turaliste au Muséum de
Paris. 1 vol. avec 1 livrai-
son de planches.
Fig. noires. 43 fr.
Fig. coloriées. 21 fr.
- **Coralliaires** ou POLYPES
PROPREMENT DITS (Coraux,
Gorgones, Eponges, etc.),
par MM. MILNE-EDWARDS,
membre de l'Institut, pro-
fesseur au Muséum d'His-
toire naturelle, et J. HAIME,
aide-naturaliste au Muséum
d'Histoire naturelle. 3 vol.
avec 3 livraisons de pl.
Fig. noires. 37 fr.
- Zoophytes Infusoires**,
par M. DUJARDIN (*Epuisé*).
- Botanique** (Introduction à
l'étude de la), ou Traité élé-
mentaire de cette science,
contenant l'Organographie,
la Physiologie, etc., par
- M. DE CANDOLLE, professeur
d'Histoire naturelle à Ge-
nève. (*Ouvrage autorisé
par l'Université pour les
Lycées et les Collèges*).
2 vol. et 1 livraison de
planches noires. 22 fr.
*Les planches ne sont pas
coloriées.*
- Végétaux phanéroga-
mes** (Organes sexuels ap-
parents : Arbres, Arbris-
seaux, Plantes d'agrément,
etc.), par M. SPACH, aide-
naturaliste au Muséum
d'Histoire naturelle. 14 vol.
avec 15 livraisons de pl.
Fig. noires. 180 fr.
Fig. coloriées. 300 fr.
- Géologie** (Histoire, Forma-
tion et Disposition des Ma-
tériels qui composent l'é-
corce du globe terrestre),
par M. HUOT, membre de
plusieurs sociétés savantes.
2 vol. ensemble de plus de
1,500 pages, avec 2 livrai-
sons de pl. noires. 26 fr.
*Les planches ne sont pas
coloriées.*
- Minéralogie** (Pierres, Sels,
Métaux, etc.), par M. DE-
LAFOSSE, membre de l'Ins-
titut, professeur au Mu-
séum d'Histoire naturelle
et à la Sorbonne. 3 vol. et
4 livraisons de planches
noires. 43 fr.
*Les planches ne sont pas
coloriées.*

PETITES SUITES A BUFFON

Format in-18

- Histoire des Poissons** classée par ordre, genres et espèces, d'après le système de Linné, avec les caractères génériques, par BLOCH et RENÉ-RICHARD CASTEL. 10 vol. accompagnés de 160 planches représentant 600 espèces de poissons dessinés d'après nature.
Fig. noires. 26 fr.
- Histoire des Reptiles**, par MM. SONNINI, naturaliste, et LATREILLE, membre de l'Institut. 4 vol. accompagnés de 54 planches, représentant environ 150 espèces différentes de serpents, vipères, couleuvres, lézards grenouilles, tortues, etc., dessinées d'après nature.
Fig. noires. 10 fr.
- Histoire des Coquilles**, contenant leur description, leurs mœurs et leurs usages, par M. Bosc, membre de l'Institut. 5 vol. accompagnés de planches.
Fig. noires. 10 fr. 50
- Histoire naturelle des Végétaux** classés par familles, avec la citation de la classe et de l'ordre de Linné, et l'indication de l'usage qu'on peut faire des plantes dans les arts, le commerce, l'agriculture, le jardinage, la médecine, etc.; des figures dessinées d'après nature, et un GÉNÉRA complet, selon le système de Linné, avec des renvois aux familles naturelles de Jussieu, par J.-B. LAMARCK et C.-F.-B. DE MIRBEL. 15 vol. in-18 accompagnés de 120 planches.
Fig. coloriées. 46 fr.
- Histoire naturelle des Vers**, par M. Bosc, membre de l'Institut. 3 vol.
Fig. noires. 6 fr. 50
- Histoire des Insectes**, composée d'après RÉAUMUR, GEOFFROY, DE GEER, ROESEL, LINNÉ, FABRICIUS, et les meilleurs ouvrages qui ont paru sur cette partie, rédigée suivant les méthodes d'Olivier, de Latreille, avec des notes, plusieurs observations nouvelles et des figures dessinées d'après nature, par F.-M.-G. DE TIGNY et BRONGNIART, pour les généralités. Edition augmentée par M. GUÉRIN. 10 vol. ornés de planches. Fig. noires. 23 fr.
- Histoire des Crustacés**, contenant leur description, leurs mœurs et leurs usages, par MM. Bosc et DESMAREST. 2 vol. accompagnés de 18 planches.
Fig. noires. 7 fr. 50

OUVRAGES DIVERS D'HISTOIRE NATURELLE

Arachnides (Les) de France, par M. E. SIMON, membre de la Société entomologique de France.

Tome 1^{er}, contenant les Familles des Epeiridæ, Uloboridæ, Dictynidæ, Enyoidæ et Pholcidæ. 1 vol. in-8^o, accompagné de 3 planches. 12 fr.

Tome 2, contenant les Familles des Urocteidæ, Agelelidæ, Thomisidæ et Sparassidæ. 1 vol. in-8^o, accompagné de 7 planches. 12 fr.

Tome 3, contenant les Familles des Attidæ, Oxyopidæ et Lycosidæ. 1 vol. in-8^o, accompagné de 4 planches. 12 fr.

Tome 4, contenant la Famille des Drassidæ. 1 vol. in-8^o, accompagné de 5 planches. 12 fr.

Tome 5 (1^{re} partie), contenant la Famille des Epeiridæ (supplément) et des Theridionidæ. 1 vol. in-8^o, accompagné de planches. 12 fr.

Tome 5 (2^e partie), contenant la Famille des Theridionidæ (suite). 1 vol. in-8^o, accompagné de planches et orné de figures. 12 fr.

Tome 5 (3^e partie), contenant la Famille des Theridionidæ (fin). 1 vol. in-8^o, accompagné de planches et orné de figures. 12 fr.

Tome 6. (*En préparation.*)

Tome 7, contenant les Familles des Chernetes, Scorpiones et Opiliones. 1 vol. in-8^o, accompagné de planches. 12 fr.

Histoire naturelle des Araignées, par M. Eug. SIMON, *Deuxième édition.*

Tome premier, 1^{er} fascicule contenant 215 figures intercalées dans le texte. 1 vol. grand in-8^o de 256 pages. 6 fr.

Tome premier, 2^e fascicule contenant 275 figures intercalées dans le texte. 1 vol. grand in-8^o. 6 fr.

Tome premier, 3^e fascicule contenant 347 figures intercalées dans le texte. 1 vol. grand in-8^o. 6 fr.

Tome premier, 4^e et dernier fascicule (du tome 1^{er}), contenant 261 figures 1 vol. grand in-8^o. 6 fr.

Tome second, 1^{er} fascicule contenant 200 figures intercalées dans le texte. 1 vol. grand in-8^o. 6 fr.

Tome second, 2^e fascicule contenant 184 figures intercalées dans le texte. 1 vol. grand in-8^o. 6 fr.

Tome second, 3^e fascicule contenant 407 figures. 6 fr.

Tome second, 4^e et dernier fascicule contenant 329 figures. 6 fr.

Catalogue des espèces actuellement connues de la famille des Trochilides, par EUGÈNE SIMON, brochure in-8°. 3 fr.

Voyage de découverte autour du Monde et à la recherche de La Pérouse, par J. DUMONT D'URVILLE, capitaine de vaisseau, exécuté sous son commandement et par ordre du gouvernement, sur la corvette l'*Astrolabe*, pendant les années 1826 à 1829. 5 tomes divisés en 10 volumes in-8 ornés de vignettes sur bois, avec un Atlas contenant 20 planches ou cartes grand in-folio. 30 fr.

Cet important ouvrage, qui a été exécuté par ordre du gouvernement sous le commandement de M. Dumont d'Urville et rédigé par lui, n'a rien de commun avec le *Voyage pittoresque* publié sous sa direction.

OUVRAGES D'ASSORTIMENT

Aranéides des îles de la Réunion, Maurice et Madagascar, par M. Aug. VINSON. 1 gros volume in-8, illustré de 14 planches.

Fig. noires. 20 fr.

Astronomie des Demoiselles, ou Entretiens entre un frère et sa sœur, sur la mécanique céleste, par James FERGUSSON et M. QUÉTRIN. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

Choix des plus belles fleurs et des plus beaux fruits, par P.-J. REDOUTÉ, peintre d'histoire naturelle.

80 planches différentes coloriées. Chaque pl. 1 fr.

Collection iconographique et historique des Chenilles d'Europe, ou Description et figures de ces Chenilles, avec l'histoire de leurs métamorphoses, et leur application à l'agriculture, par MM. BOISDUVAL, RAMBUR et GRASLIN.

Cette collection se compose de 42 livraisons, format grand in-8, papier vélin : chaque livraison comprend *trois planches coloriées* et le texte correspondant.

Les 42 livraisons réunies (la pl. I des Papillonides n'a jamais existé) : 100 fr.

Cours d'agriculture, de viticulture et de jardinage, par Mathieu RISLER (1849). 1 vol. in-12. 2 fr.

Fauna japonica, sive Descriptio animalium quæ in itinere per Japoniam jussu et auspiciis superiorum, qui summum in India Batava imperium tenent, suscepto anni 1823-1830, collegit, notis, observationibus et adumbrationibus illustravit PH. FR. DE SIEBOLD.

Reptiles, 3 livraisons noires. Ensemble 25 fr.

Faune de l'Océanie, par M. le docteur BOISDUVAL. 1 gros vol. in-8, imprimé sur grand papier. 10 fr.

Faune entomologique de Madagascar, Bourbon et Maurice. — *Lépidoptères*, par le docteur BOISDUVAL; avec des notes sur leurs métamorphoses, par M. SGANZIN.

Huit livraisons, format grand in-8, papier vélin.

Planches noires. 10 fr.

Icones historique des Lépidoptères nouveaux ou peu connus, collection, avec figures coloriées, des papillons d'Europe nouvellement découverts, par M. le docteur BOISDUVAL. Ouvrage formant le complément de tous les auteurs iconographes. Cet ouvrage se compose de 42 livraisons grand in-8, comprenant chacune deux planches coloriées et le texte correspondant.

Les 42 livraisons réunies. Coloriées. 100 fr.

Noires. 25 fr.

Nota. — Tome 2. Le texte s'arrête page 208. Toutes les fig. des planches 48 à 70 inclusive sont décrites.

Les fig. des planches 71 à la fin ne sont pas décrites.

Manuel des Candidats à l'emploi de Vérificateur des Poids et Mesures, par RAVON. 2^e éd., 1841. 1 vol. in-8. 5 fr.

Manuel des Sociétés de secours mutuels. Une brochure in-12. 1854. 0 fr. 50

Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège. Première série, 1843 à 1866, 20 vol. à 7 fr.

Deuxième série, 1866 à 1887, 13 vol. à 7 fr.

Ministre (Le) de Wakefield, traduit en français par M. AIGNAN. 1 vol. in-12, avec figures. 1 fr.

Monographie des Erotyliens, famille de l'ordre des Coléoptères, par M. Th. LACORDAIRE. In-8. 9 fr.

Théorie élémentaire de la Botanique, ou Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux, par M. DE CANDOLLE. 3^e édition, 1 vol. in-8. 8 fr

DEPOT DES OUVRAGES

PUBLIÉS PAR LA

LIBRAIRIE FÉRET & FILS
DE BORDEAUX

- Andrieu (P.).** — Le Sucrage des Vendanges. Les vins de première cuvée avec chaptalisation des moûts. Les vins de sucre avec corrections dans leur composition. 1903, in-8, broché. 1 fr. 50
— Nouvelle méthode de vinification de la vendange par sulfitage et levurage. 1903, in-8, br. 0 fr. 60
— 1904, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1905, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1906, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1907, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1908, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1909, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1910, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1911, in-8°, br. 0 fr. 60
— 1912, in-8°, br. 0 fr. 60
— Les Caves de réserve pour les vins ordinaires, 1904, in-8°, br. 0 fr. 75
Audebert. — La lutte contre l'Eudémis Botrana, la Cochylys et l'Altise. Bordeaux, 1902. 0 fr. 50
Audebert II (Tristan). — La chasse à la palombe dans le Bazadais, 1907, in-18 avec planches. 3 fr.
Baco (F.). — La reconstitution du vignoble dans les Landes et les Basses-Pyrénées par le greffage. 1905. in-18, 1 fr. 50; franco, 2 fr.
— Culture directe et greffage de la Vigne. 1911, in-8° orné de 14 planches et 2 tableaux. 5 fr. 25
Barbe. — De l'élevage du cheval dans le sud-ouest de la France et principalement dans la Gironde et les Landes, et de son hygiène. Hygiène des animaux en général et de leurs habitations. 1903, 1 vol. in-8, br. 6 fr.
Batz-Trenquelléon (Ch. de). — Le vrai baron de Batz, rectifications historiques d'après des documents inédits. 3^e éd., 1912, in-8. 2 fr.
Bellot des Minières. — Manuel pratique pour les traitements contre toutes les maladies cryptogamiques, à l'aide de l'ammoniaque de cuivre en vases hermétiques, b. s. g. d. g. 1902, gr. in-8. 0 fr. 50
— La question viticole. 1902, gr. in-8. 1 fr. 50

Berniard. — L'Algérie et ses vins :

1^{re} partie : prov. d'Oran. Ouv. illustré et accompagné d'une carte vinicole de la province d'Oran. 1888, in-18. 3 fr.

2^e partie : prov. d'Alger. Ouv. illustré et accomp. d'une carte vinicole de cette province. Bordeaux, 1890, in-18. 3 fr.

3^e partie : prov. de Constantine. Ouv. illustré et accompagné d'une carte vinicole de cette prov. 1892, in-18. 3 fr.

Bertin-Rouilleau (P.). — La fin des Girondins, sept. 1793-juin 1794. 1911, in-18 avec gravures. 3 fr. 50

Bitteroff. — Nouveau système astronomique. Lois nouvelles de la gravitation universelle. 1902, in-18. 5 fr.

Blarez (D^r). — Cours de chimie organique (programme aide-mémoire des leçons), in-18. 3 fr.

Bontou (A.). — Traité de cuisine bourgeoise bordelaise, 1910, 1 gros vol. in-18 jés., cartonné 3 fr.

Boué (L.). — A travers l'Europe. Impressions poétiques, ornées de 101 compositions dues à 60 artistes de Paris ou de Bordeaux, avec préface de Th. Froment, in-folio de luxe tiré à 625 exempl., dont 25 exempl. sur Japon, 00 fr. Prix sur vélin, 30 fr.; relié toile genre amateur. 37 fr.

Brutails (J.-A.). — Les vieilles églises de la Gironde. 1912, in-4^e orné de 400 gravures dont 16 planches hors texte en phototypie. 25 fr.

Capus (J.). — Traitement des maladies de la vigne, 1910, petit in-8. 0 fr. 50

Capus et Feytaud — Eudémis et cochylis, mœurs et traitements, 1909, in 18. 1 fr.

Carles (D^r P.). — Etude chimique et hygiénique du vin en général et du vin de Bordeaux en particulier. 1880, in-8. 3 fr.

— Le vin, le vermouth, les apéritifs et le froid, 3^e éd. 1909, in-8. 1 fr.

— Le pain des diabétiques, in-8. 0 fr. 50

— L'acide sulfureux en œnologie et en œnotechnie. Bordeaux, 1905. 1 fr.

— Les vins de Graves de la Gironde, vinification et conservation, 1907, in-8. 0 fr. 60

— Le vin et les Eaux-de-vie de France, 2^e édition, 1908. in-8. 0 fr. 40

— Les trépidations et les vins, les vins retour de l'Inde, vieillissement mécanique des vins et cognacs, 1909. 1 fr.

— Les dérivés tartriques du vin, 4^e éd., 1912, in-8. 4 fr. 50

— Bouquet naturel des vins et eaux-de-vie, 1897, in-8. 1 fr.

— La piqure des vins pendant les chaleurs; moyens de l'empêcher, 1909. 0 fr. 30

— Les boissons des fruits doux de table. 0 fr. 50

- Le vin et le chaud. 0 fr. 50
- Carrère (H.)**. — Scènes et saynètes. Lettre préface de Jacques Normand, in-12. 3 fr. 50
(Ouvrages pour les familles et les pensions).
- Chavée-Leroy**. — La fermentation, Etude mise à la portée des viticulteurs, 1893, in-8°. 1 fr. 25
- Courteault (Paul)**. — Bordeaux à travers les siècles, 1909, in-4°, nombreuses illustrations. 25 fr.
- Daniel (L.)**. — La question phylloxérique, — Le greffage et la crise viticole, préface de M. Gaston Bonnier, membre de l'Institut. 1908, fascicule 1^{er}, gr. in-8°, 184 p., orné de 81 dessins en noir et 1 pl. hors texte en coul. 6 fr.
— — fascicule 2, 1910, gr. in-8. 87 p., orné de 73 dessins en noir et 1 pl. hors texte en couleurs. 6 fr.
— L'affaire du « Times ». 1912, gr. in-8°. 1 fr.
- Daurel (J.)**. — Album des raisins de cuve de la Gironde et de la région du S.-O., avec leur description et leur synonymie, avec 15 gr. color. gr. nat., 5 gr. en phototyp Bordeaux. 1892, in-4, br. 7 fr.
(Publication de luxe couronnée par la Société des Agriculteurs de France).
- Denigès (Dr G.)**. — Exposé élémentaire des principes fondamentaux de la théorie atomique ; 2^e édition, 1895, in-8, 120 p. 3 fr. 50.
- Dezeimeris (R.)**. — D'une cause de dépérissement de la vigne et des moyens d'y porter remède, 5^e édition, Bordeaux, 1891, in-8, br. 82 p. et 4 pl. hors texte. 2 fr. 50
- Féret (Ed.)**. — **Annuaire du Tout Sud-Ouest** 1904. Bordeaux, 1 gros vol. petit in-8°, 1,300 p., illustré, par Marcel de Fonrémis, de vues de châteaux, portraits, etc., cartonné toile, 9 fr ; Reliure de luxe. 12 fr.
- Féret**. — **Annuaire du Tout Sud-Ouest illustré**, 1905-1906, 1,520 pages, reliure de luxe. 12 fr.
- Féret** — **Annuaire du Tout Sud-Ouest illustré**, 1912, reliure de luxe. 12 fr.
- Féret (Ed.)**. — **Bordeaux et ses vins classés par ordre de mérite**, 8^e édition. Bordeaux, 1908, in-12 br., avec 700 vues de châteaux et 10 cart. vinic. 9 fr.
Le même relié toile anglaise. 10 fr.
Le même sans les cartes br. 7 fr.
— **Bordeaux and its Wines classed by order of merit** 3^d english edition, translated from the 7^d french édition by M. Ravenscroft, illustrated by Eug. Vergez. 10 fr.
Le même relié toile. 11 fr. 50
— **Album des grands crus classés du Médoc syndiqués**, 1908, in-8. 1 fr. 25

- Les vins de Médoc, avec ill. d'Eug. Vergez et 4 cartes, in-18 j., 260 p. 3 fr.
- Les vins de Graves rouges et blancs, avec ill. d'Eug. Vergez et cartes, in-18 j., 146 p. 2 fr.
- Le pays de Sauternes et les vins blancs de Podensac et de Langon, avec ill. et cartes. 2 fr.
- Saint-Emilion et ses vins et les principaux vins de l'arrondissement de Libourne, avec illust., et cartes vinicoles, in-18 j., 264 p. 3 fr.
- Les vins du Cubzadais, du Bourgeois et du Blayais, avec ill. et cartes. 2 fr.
- Les vins de l'Entre-Deux-Mers, avec ill. et cart. 3 fr.
- Ces ouvrages sont tirés de la 8^e éd. de *Bordeaux et ses vins*.
- Caractère des récoltes de 1795 à nos jours. Bordeaux, 1898, 16 p. et une carte vinicole de la Gironde. 0 fr. 75
- Le même en anglais. 0 fr. 75
- Carnet de statistique du négociant en vins, destiné à recevoir des notes sur 2,000 crus de la Gironde. Bordeaux, 1894, in-12, toile. 2 fr.
- Bordeaux et ses monuments, in-8, br., 90 p., 2 plans et 31 gr. 2 fr.
- Feret** (Ed.). — Dictionnaire Manuel du maître de chai et du négociant en vins, guide utile à quiconque veut vendre ou manipuler des vins et des spiritueux. 1 vol. in-18, ill. Bordeaux, 1896, 6 fr., cart. 7 fr.
- Le même ne contenant que les articles utiles au maître de chai 3 fr. 50, cart. 4 fr. 50
- Bergerac et ses vins et les principaux crus du département de la Dordogne. 1 vol. in-18 Jésus illustré, 3 fr. 50 cart. 5 fr.
- Carte vinicole du Médoc** et de l'arrondissement de Blaye, extraite de la carte de la Gironde au 1/160000 ; 1 feuille gr. colombier, tirée en trois couleurs. 3 fr.
- La même sur toile pleine. 4 fr. 50
- Nouvelle carte routière et vinicole de la Gironde** à l'échelle de 1/160000, dressée par Félix FERET pour accompagner l'ouvrage *Bordeaux et ses vins* ; 1 feuille gr.-aigle, imprim. en trois couleurs et color. par contrées vinicoles (1893). 6 fr.
- La même, collée sur toile, pliée, cartonnée. 10 fr.
- La même collée sur toile vernie, montée avec gorge et rouleau. 14 fr.
- Statistique générale du départ^t de la Gironde, 3 tomes en 4 vol. gr. in-8 ; prix pour les souscripteurs. 52 fr.

- Supplément à la statistique générale de la Gironde (part. vinic.). Bordeaux, 1880, in-8, 169 p. avec 50 vues. 4 fr.
- Gautier** (Paul). — Au fil du rêve, poésies, 1905. in-18, 120 p. 3 fr.
- Gayon**. — Etude sur les appareils de pasteurisation des vins en bouteilles et en fûts, avec vign. ; in-8. 1895. 2 fr.
- Expériences sur la pasteurisation des vins de la Gironde. Bordeaux, 1893, in-8, 59 p. 1 fr. 25
- Gayon, Blarez et Dubourg**. — Analyse chimique des vins rouges du département de la Gironde, récolte de 1887. Bordeaux, 1888, in-8. br., 47 p. 1 fr. 50
- Analyse chimique des vins du département de la Gironde, récolte de 1888. 1889, in-8, br., 31 p. 1 fr. 50
- Gébelin**. — Eléments de géographie. Nouvelle édition par M. Marion.
- Europe (moins la France). 1900, in-18. 2 fr.
- France et colonies françaises. 1899, in-18. 2 fr.
- La Terre, l'Amérique. 1899, in-18. 1 fr. 50
- Asie, Afrique, Océanie. in-18. 1 fr. 50
- Grandjean**. — Le baron de Charlevoix-Villiers et la fixation des Dunes, in-8. 1 fr.
- Guillaud** (Dr J.-A.). — Flore de Bordeaux et du Sud-Ouest, analyse et description sommaire des plantes sauvages et généralement cultivées dans cette région; Phanérogames, 326 p., br. 4 fr. 50; cartonné 5 fr. 50
- Guillon** (J.-M.), dir. de la station viticole de Cognac. — Notes sur la reconstitution du vignoble, avec fig., 1900, gr. in-8. 1 fr. 25
- Houdetot** (Comtesse de). — Mademoiselle de Galias. Bordeaux sous la Révolution. 1912, in-8°. 3 fr. 50
- Hugo d'Alési**. — Panorama de Bordeaux, fac-simile d'aquarelle sur bristol. 6 fr.
- Huyard** (E.). — Le port de Bordeaux, sa situation actuelle, son avenir, son hinterland, avec une pré^e. de M. Ch. Chaumet, dép. de la Gironde, 1910, in-8° avec plans, fig. 5 fr.
- Juhel-Renoy**. — Conseils sur la fabrication et la conservation du cidre. 1897, in-18, 60 p. 1 fr. 25
- Kehrig** (H.). — La cochyliis. Des moyens de la combattre, 3^e éd., 1893, in-8, 2 pl. 2 fr. 50
- L'Eudémis. Les moyens proposés pour la combattre. 1907. 0 fr. 50
- Le vin chez le consommateur. Conseils pratiques, 4^e éd., in-18, 12 p. 0 fr. 25
- Le privilège des vins à Bordeaux jusqu'en 1889, suivi d'un appendice comprenant le Ban des Vendanges, des Courtiers, de Taverniers; prix payés pour les vins du XII^e

- au XVIII^e siècle, tableau de l'exploitation des vignes en 1825. Ouvrage couronné par l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux. 1886, gr. in-8, 116 p. 2 fr. 50
- Les temps nouveaux pour le vin, 1910, petit in-8. 2 fr. 50
- Labat** (Gustave). — Gustave de Galard, sa vie et son œuvre (1779-1841); in-4^o, orné de 4 pl. hors texte, dessins inédits du maître. 1896, in-4. 15 fr.
- Laborde** (J.). — Cours d'Oenologie. Tome I. Maturation du raisin. Fermentation alcoolique. Vinification des raisins rouges et blancs, avec préface de V. Gayon. 1908, 1 vol. gr. in-8^o, avec 55 fig. et 1 planche hors texte. 5 fr.
- Lafond** (Paul). — Le Pays basque français et espagnol, 1913, in-4^o, nombreuses illustrations. 25 fr.
- Lapierre** (A.). — Plan de la ville de Bordeaux avec les lignes de tramways et omnibus, à l'échelle du 1/10000, dressé par A. LAPIERRE, 1 fr. 50; le même, colorié, 2 fr. 50
- Laurianne** (Comtesse de). — Comment rester jeune ? In-18. 1 fr. 25
- Lemaignan**. — Utilisation des marcs de raisin pour fabriquer d'excellentes piquettes, pour nourrir le bétail et comme engrais. 1906, gr. in-8^o. 0 fr. 25
- Loquin** (Anatole). — Le Masque de fer et le livre de M. Funck-Brentano. Bordeaux, 1898, in-8. 0 fr. 60
- Le Prisonnier masqué de la Bastille. Son histoire authentique. Bordeaux, 1900, in-12. 3 fr. 50
- Malzevin** (P.). — Etudes sur la viti-viniculture, 1905, gr. in-8^o. 4 fr.
- Mathé** (E.). — De Bordeaux à Paris par la Chine, le Japon et l'Amérique. 1907, 1 vol. in-18 orné de figures. 4 fr.
- Matignon** (J. J.). — Le siège de la légation de France (Pékin, du 15 juin au 15 août 1900). Conférences faites à Bordeaux, in-8. 1 fr. 50
- Méric** G.). — Le black-rot. Tableau donnant grandeur nature en chromo, feuilles et grains atteints par le black-rot, avec texte explicatif. 0 fr. 75
- Montaigne** (Michel de). — Nouvelle édition publiée par MM. H. Barckhausen et R. Dezeimeris, contenant la reproduction de la 1^{re} édition, avec les variantes des 2^e et 3^e éditions; 2 vol. in-8, édition de luxe (Publication de la Société des Bibliophiles de Guyenne). 15 fr.
- Pabon** (Louis). — Dictionnaire des usages commerciaux et maritimes de la place de Bordeaux et des places voisines. Bordeaux, 1888, in-8, br., 214 p. 3 fr. 50
- Panajou** (F.). — Barèges et ses env. 1904, 1 vol. in-12, 110 p., 80 phot., 2 pan. h. t., 1 c. de la rég., br. 2 fr. 25
- Patry** (H.). — Les débuts de la Réforme protestante en

Guyenne (1523-1559), avec préface de M. Camille Jullian, 1912, in-4^o. 10 fr.

Perceval (Emile de). — Le président Emérigon et ses amis (1795-1847), in-8. 10 fr.

Poignant (M.-P.). — Coefficient économique des machines à vapeur en raison de la détente du cylindre et de la formule $\frac{t - t_0}{t}$ Surchauffe de la vapeur. 1902, in-8. 1 fr. 50

Rocca (Jean de la). — Au Soleil de la vie (poèmes à dire), 1911, in-18, br. 2 fr. 50

— Le Frelon, comédie en un acte, en vers. 1911, in-18. 1 fr.

— La Confession à Grand'Mère, comédie en un acte, en vers. 1912. 1 fr.

— L'Amour commande, contes et nouvelles, préface de Jean Madeline. 2^e édition, 1912, in-18 br. 3 fr. 50

Roques (G.). — Grammaire gasconne (Dialecte de l'Agenais), Glossaire gascon-languedocien, 1913, in-8. 4 fr.

Rouhet. — De l'entraînement complet et expérimental de l'homme, avec étude sur la voix articulée, suivi de recherches physiologiques et pratiques sur le cheval, gr. in-8, illustré. 10 fr.

— L'Equitation, gr. in-8 illustré. 3 fr. 50

Salvat. — Le pin maritime, sa culture, ses productions. Bordeaux, 1891, in-12, br., 39 p. 1 fr.

Schewaebel (J.). — Au bord de la vie, vers, 1909, in-12 3 fr.

Segord (H.). — Le Druidisme dans les Gaules, 1911, in-8. 1 fr. 50.

Sud-Ouest navigable (1^{er} Congrès du), tenu à Bordeaux les 12, 13 et 14 juin 1902. Compte rendu des travaux. 1902, gr. in-8. 5 fr.

Trébuçq (S.). — La Chanson populaire et la vie rurale des Pyrénées à la Vendée. 1912, 2 vol. gr. in 8^o. 20 fr.

Usages locaux du département de la Gironde publiés suivant la délibération du Conseil général, 2^e éd. revue et augmentée. 1900, in-12. 2 fr. 50

Vassillière, Charvet et Gayon. — Appareils à pasteuriser les vins. 1897, in-8^o. 6 fr.

Vourch (A), Docteur en médecine. — La Foi qui guérit. Etude médicale sur quelques cas de guérisons de Lourdes, 1911, in-18. 2 fr. 50

Ajouter 10 0/0 du prix de l'ouvrage pour l'envoi franco, plus 25 centimes de recommandation pour l'Etranger.

DUNOD, Editeur, Quai des Grands-Augustins, 47 et 49, PARIS (VI^e)

Les ordres sont exécutés en principe contre remise de mandat-poste, valeur sur Paris, ou versement au compte de chèques postaux PARIS 7545, ou encore contre remboursement sur le désir du client, lorsque ce mode de recouvrement est possible. Sauf avis contraire de celui-ci, l'envoi est fait par poste ou colis postal à ses risques et périls; sur sa demande il est recommandé ou assuré. Les frais de port (environ 10 % du montant pour la France et les Colonies françaises et 15 % pour l'étranger), de remboursement, de recommandation et d'assurance sont à la charge du destinataire.

Vient de Paraître :

LA

CONSERVATION PAR LE FROID DES DENRÉES PÉRISSABLES

Chimie et microbiologie des substances alimentaires.

Production du froid.

Emploi du froid dans la conservation des viandes,
des œufs, des produits de laiterie, en sériciculture,
en horticulture, en floriculture, en boulangerie
et dans les industries des boissons fermentées.

PAR

A. MONVOISIN

Professeur de chimie et de microbiologie appliquées

à la conservation des denrées périssables, à l'Association française du froid

Chef des travaux de physique et de chimie

à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

PRÉFACE de M. **A. BARRIER**

Directeur de l'Institut international du froid.

Volume 16×25, de xxii-502 pages, avec 178 fig. Prix : ~~Relié 36 fr. 50~~ Broché 52 fr.
Relié 56 fr. 50

AVIS DE L'ÉDITEUR

Par suite des avantages considérables qu'il procure, l'emploi du froid artificiel pour le maintien des denrées périssables en excellent état de fraîcheur jusqu'à leur consommation, se développe de plus en plus dans tous les pays; son utilisation ne peut que progresser encore avec la vulgarisation des notions sur lesquelles elle est basée.

Trop souvent, en effet, l'emploi du froid artificiel est exclusivement empirique et les insuccès constatés doivent être uniquement mis au compte de sa mauvaise application et de l'ignorance des principes de la conservation frigorifique.

L'ensemble des connaissances biologiques indispensables est vaste et se rattache à plusieurs spécialisations. L'auteur, qui réunit les diverses compétences nécessaires, a exposé dans son Traité, rédigé avec concision, et largement illustré, les principes biologiques utilisables par les usagers du froid dans la conduite éclairée de leurs opérations.

Après des généralités suffisamment étendues sur la chimie et la microbiologie des denrées, l'auteur examine l'atmosphère des locaux refroidis.

La partie spéciale de l'ouvrage, la plus étendue, contient les applications du froid à la conservation des

denrées périssables. Celles-ci sont rangées en deux grandes sections suivant leur origine, a végétale.

L'origine des denrées ou les opérations qui les produisent sont d'abord exposées sommairement les denrées sont examinées au point de vue de leur constitution physique, de leur composition et bactériologique. Le choix et la présentation de la marchandise à conserver précèdent l'exposé des méthodes de la conservation.

La documentation abondante et précise contenue dans cet ouvrage le recommande à tous peuvent appeler à leur aide le froid industriel.

Les producteurs de denrées alimentaires doivent savoir quelle ressource précieuse est pour eux le procédé de conservation, mais ils ne doivent pas ignorer les conditions dans lesquelles doivent se trouver les denrées à l'origine, pour que la conservation soit maximum.

Les entrepositaires, de leur côté, ne doivent pas considérer les marchandises qu'ils conservent comme des choses inertes; ils doivent connaître l'essence des phénomènes biologiques qui provoquent l'altération, être capables de prévoir les modifications désavantageuses et savoir les prévenir.

Les uns et les autres puiseront dans ce volume des données indispensables à l'exercice de leur industrie.

EXTRAIT DE LA TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

I. Éléments constitutifs des denrées périssables : Composants inorganiques. Composants organiques.

II. Propriétés des solutions : Solubilité et concentration. Phénomènes osmotiques.

III. Microbiologie : Formes végétatives des microbes. Reproduction des microbes. Classification des microorganismes. Culture des microbes. Action des agents physiques sur les êtres vivants et en particulier sur les microbes : Actions thermiques. Fonctions végétatives. Fonctions de reproduction. Humidité. Lumière. Action des agents chimiques sur les microbes.

IV. Chimie microbiologique : Généralités sur l'alimentation des microbes. Les diastases : Opérations effectuées par les diastases. Les fermentations : Transformations des sucres, des hydrates de carbone complexes, des matières grasses, des matières azotées.

V. Air des locaux : Humidité atmosphérique. Germes. Odeurs. Purification de l'air des locaux. Eau.

DEUXIÈME PARTIE

VI. Production, transport et conservation du froid : Production du froid. Machines à froid. Machines à air, à eau, à gaz liquéfiables, à autocompression, à compression mécanique. Transport du froid. Conservation du froid.

TROISIÈME PARTIE

VII. Utilisation du froid : Historique. Généralités sur le refroidissement des denrées. Produits solides. Produits liquides. Conditions d'emploi du froid.

PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE. — VIII. Viandes de boucherie. Généralités. Composition et conservation des viandes. Variations dans la composition des viandes. Conservation des viandes par le froid. Viandes réfrigérées. Viandes indigènes. Modifications des viandes réfrigérées. Viandes importées. Produits de Linley. Viandes congelées : Modifications des viandes congelées. Destruction des parasites. Décoloration des viandes. Utilisation des viandes frigorifiées. Dessiccation de la viande par l'air froid. Conservés des sous-produits. Viande de porc : Constitution et composition. Emploi du froid. Produits divers de charcuterie.

IX. Poissons : Généralités. Conservation du poisson par le froid. Conservation du poisson vivant. Conservation du poisson mort. Réfrigération. Congélation. Modifications observées pendant l'entreposage. Conservation des autres animaux aquatiques.

X. Volailles : Généralités. Entreposage frigorifique des poulets. Réfrigération. Congélation. Autres volailles. Gibiers : Conditions d'entreposage.

XI. Œufs de oiseau : Généralités. Entreposage frigorifique des œufs. Œufs entiers réfrigérés. Œufs congelés. Œufs desséchés.

XII. Les produits de la laiterie : Généralité. Emploi du froid en laiterie. Réfrigération du lait. Congélation du lait. Modifications éprouvées par le lait. Beurrerie : Généralité. Entreposage frigorifique des beurres. Modifications constatées. Margarinerie et fromagerie.

XIII. Les petites utilisations du froid : Sériciculture. Fourrures. Etoffes de laine. Emploi du froid en médecine. Autres applications biologiques.

PRODUITS D'ORIGINE VÉGÉTALE. — XIV. Les produits de l'horticulture : Fruits charnus. Emballage frigorifique des fruits. Réfrigération. Modifications constatées pendant la conservation. Congélation. Particularités relatives à l'entreposage des divers fruits. Fruits secs. Légumes frais et secs, semences. Le froid en arboriculture : Forçage. Retardement de la floraison. Fleurs coupées. Feuillage pour fleuristes.

XV. Les industries de fermentation : Boulangerie. Industries des boissons fermentées. Cidre. Emploi du froid en vinification courante. Le froid dans le traitement des vins mousseux. Cidre. Brasserie.



ENCYCLOPÉDIE-RORET
COLLECTION
DES
MANUELS-RORET

FORMANT UNE
ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES & DES ARTS
FORMAT IN-18

Par une réunion de Savants et d'Industriels

Tous les Traités se vendent séparément.

La plupart des volumes, de 300 à 400 pages, renferment des planches parfaitement dessinées et gravées, et des vignettes intercalées dans le texte.

Les Manuels épuisés sont revus avec soin et mis au niveau de la Science à chaque édition. Aucun Manuel n'est cliché, afin de permettre d'y introduire les modifications et les additions indispensables.

Cette mesure, qui met l'Editeur dans la nécessité de renouveler à chaque édition les frais de composition typographique, doit empêcher le Public de comparer le prix des *Manuels-Roret* avec celui des autres ouvrages, tirés sur cliché à chaque édition, et ne bénéficiant d'aucune amélioration.

Pour recevoir chaque volume franc de port, on joindra, à la lettre de demande, un mandat sur la poste (de préférence aux timbres-poste) équivalant au prix porté au Catalogue.

Cette franchise de port ne concerne que la **Collection des Manuels-Roret** et n'est applicable qu'à la France et à l'Algérie. Les volumes expédiés à l'Etranger seront grevés des frais de poste établis d'après les conventions internationales.

Bar-sur-Seine. — Imp. v° C. SAILLARD.