

Retrouvez le [catalogue en ligne](#) des publications récentes du Service des Editions de l'Ifremer. Découvrez également un ensemble de documents scientifiques ou techniques, accessibles gratuitement, dans la base [Archimer](#)

Les conserves des produits de la mer

Jean-Pierre NICOLLE et Camille KNOCKAERT



Collection « *Valorisation des produits de la mer* »

Publié en 1989

ISSN : 0998-4089

@ Ifremer 1989

Avant-propos

La consommation apparente des produits de la mer en France est de l'ordre de 1,2 million de tonnes par an. La part des produits frais représente sensiblement les deux tiers de la consommation et tend actuellement à se réduire au profit des produits surgelés, fumés ou en conserve.

De 1985 à 1987, la consommation des conserves a augmenté de l'ordre de 11,7 % tout en montrant une réduction de la consommation des produits de conserverie classique (sardines, maquereaux) et une croissance de la consommation des poissons surgelés et des plats cuisinés. Elle est de l'ordre de 180 000 t par an dont 110 000 t de production nationale. Le chiffre d'affaires du secteur de la conserve des produits de la mer est de l'ordre de 3 milliards de francs et concerne environ deux cent cinquante conserveries. Le solde de la balance commerciale nationale est déficitaire dans ce domaine : - 1,6 milliard de francs pour le saumon et un peu moins d'un milliard de francs pour les mollusques et crustacés.

Ce simple constat économique, et l'assurance d'une réduction inéluctable de la production de poisson par un encadrement communautaire des pêches de plus en plus pressant, renforce inéluctablement la tendance amorcée durant ces dernières années du développement du secteur de la transformation et valorisation de la matière première que constitue le poisson débarqué.

Cette évolution très bénéfique pour un accroissement de la valeur ajoutée localement a conduit l'IFREMER depuis 1985 à favoriser les programmes de recherche et développement pour l'utilisation et la valorisation des produits de la mer.

Cet ouvrage sur la fabrication des conserves et plus précisément sur **l'appertisation** des produits de la mer est donc le deuxième titre de la collection d'ouvrages IFREMER «Valorisation des produits de la mer». Le premier titre traitait des procédés de fabrication des « **marinades** ». Les thèmes abordés dans la collection portent donc sur :

- les marinades,
- les conserves,
- le fumage,
- la conservation par le froid,
- etc.

Ce second titre de la collection, consacré à la théorie et à la pratique de la conserve des produits de la mer, permettra aux industriels, aux artisans et aux amateurs de ces produits d'élargir leurs connaissances et de réaliser des produits finis de bonne qualité en économisant temps et argent par le respect de quelques règles fondamentales.

Jean-Yves LE GALL
Service des publications
Direction des Ressources Vivantes
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)

Introduction 9

**Historique succinct de l'industrie
de la conserve de poissons en France** n

I. DE LA MATIÈRE PREMIÈRE AU PRODUIT 13

1. — La matière première	15
1.1. <i>Matière première à l'état frais</i>	15
1.2. <i>Matière première à l'état congelé</i>	15
<i>Congélation</i>	15
<i>Stockage</i>	16
<i>Décongélation</i>	16
1.3. <i>Critères de qualité</i>	18
<i>Critères microbiologiques</i>	18
<i>Critères organoleptiques</i>	18
1.4. <i>Cotation du poisson congelé-décongelé cuit</i>	24
<i>Examen à l'état congelé</i>	25
<i>Examen à l'état décongelé</i>	26
<i>Examen après cuisson</i>	27
2. — Caractéristiques du produit	27
2.1. <i>Structure physique du produit</i>	27
2.2. <i>Acidité du produit</i>	27
<i>Conserves acides</i>	28
<i>Conserves non-acides</i>	28
2.3. <i>Aspect microbiologique</i>	29
<i>Nature et caractéristiques thermiques des germes</i>	29
<i>Nombre initial de germes</i>	30
<i>Résistance des germes à la chaleur</i>	31

II. LES ÉCHANGES DE CHALEUR 33

1. — L'emballage	3g
1.1. <i>Nature du récipient</i>	35
1.2. <i>Dimensions du récipient</i>	35
2. — Le remplissage	36
2.1. <i>Taux de remplissage du récipient</i>	36
2.2. <i>Espace libre et pression interne</i>	37
3. — Vitesse de pénétration de la chaleur	44
3.1. <i>Température initiale du produit</i>	44
3.2. <i>Nature des échanges thermiques conduction-convection</i>	46
3.3. <i>Choix du fluide chauffant</i>	46
3.4. <i>Agitation du produit pendant le chauffage</i>	47

III. EMBALLAGES UTILISÉS EN CONSERVERIE 49

1. Emballage en verre	51
<i>Le pot</i>	53
<i>La capsule</i>	53
2. Les boîtes métalliques	55
<i>tes boîtes en fer blanc</i>	55
<i>Les boîtes en aluminium</i>	64
3. Les emballages souples ou semi-rigides	65
<i>La conserve souple</i>	65
<i>La conserve semi-rigide</i>	66

IV. LES STÉRILISATEURS 69

1. Normes d'équipement	71
2. Stérilisateurs discontinus	74
2.1. <i>Autoclave vertical classique</i>	74
<i>Stérilisation en vapeur</i>	75
<i>Stérilisation dans l'eau</i>	75
2.2. <i>Stérilisateur discontinu statique horizontal</i>	79
<i>Vapeur + air</i>	79
<i>Vapeur + air + eau</i>	84
2.3. <i>Stérilisateur discontinu rotatif horizontal</i>	87
3. Stérilisateurs continus	88
3.1. <i>Stérilisateur continu vertical</i>	88
3.2. <i>Stérilisateur rotatif horizontal</i>	90
4. Simulateur de stérilisation	94

V. BARÈMES DE STÉRILISATION 99

1. Nature de la souche	104
2. Nombre initial	104
3. Temps et température	104

4. Pénétration de la chaleur dans le produit	106
5. Méthodes de calcul d'un barème	107
5.1. <i>Méthode graphique (Bigelow)</i>	107
5.2. <i>Méthode mathématique (Ball)</i>	109
5.3. <i>Exemple de calcul à la valeur stérilisatrice</i>	115
6. Choix du barème à appliquer	121
6.1. <i>Valeur stérilisatrice utile</i>	121
6.2. <i>Couples temps-température</i>	122
VI. TECHNIQUES ET MATÉRIELS DE MESURE	123
1. Préparation	125
1.1. <i>Préparation du stérilisateur</i>	125
1.2. <i>Préparation des boîtes</i>	125
2. Matériel de mesure	126
2.1. <i>Thermométrie à affichage digital</i>	126
2.2. <i>Centrale de mesures</i>	126
2.3. <i>Calculateur</i>	127
2.4. <i>Sondes</i>	130
VII. CONTRÔLE DE LA FABRICATION	133
1. Contrôle de l'atelier	135
1.1. <i>Le sol</i>	135
1.2. <i>L'eau</i>	135
1.3. <i>L'atmosphère</i>	135
1.4. <i>Les locaux</i>	135
1.5. <i>Les chambres froides</i>	136
1.6. <i>Les machines et outillages</i>	136
1.7. <i>Le personnel</i>	137
2. Contrôle du produit fini	137
Références bibliographiques	147
Annexes	149

Introduction

Dans l'industrie des conserves alimentaires, la conservation et la transformation du produit destiné à l'alimentation sont le plus souvent obtenues par le procédé de **l'appertisation**, du nom de son inventeur APPERT (1749-1841). Il s'agit du procédé alliant la **stérilisation** pour détruire les micro-organismes qu'il contient et sa **conservation** dans un récipient étanche à l'abri des contaminations extérieures.

La **stérilisation** est le plus souvent obtenue par la chaleur à des températures comprises entre 85 et 125°C, plus généralement à 115-116°C.

La **conservation** est assurée par l'emploi combiné de deux techniques (Décret n° 55-241 du 10 février 1955 publié au Journal Officiel du 9 juillet 1982 NC6549) :

- Conditionnement dans un récipient étanche aux liquides, aux gaz et aux micro-organismes à toute température inférieure à 55°C;
- Traitement par la chaleur, ou par tout autre mode autorisé, ayant pour effet de détruire ou d'inhiber totalement les enzymes, les micro-organismes et leurs toxines dont la présence pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à la consommation. Ce traitement doit cependant préserver la valeur nutritionnelle et la saveur organoleptique du produit est définie après.

Il y a donc une certaine incompatibilité entre les buts recherchés.

Il faut déterminer le traitement thermique assurant la stérilité du produit et la préservation des qualités physico-chimiques. C'est le but de l'optimisation des **barèmes de stérilisation**. Afin de calculer ce barème, il faut connaître la cinétique de destruction thermique des micro-organismes et la vitesse de pénétration de la chaleur dans le produit.

Par extension, on utilise souvent le terme «**stérilisation**» (traitement thermique) pour celui d'«**appertisation**» (conditionnement étanche SUIVI du traitement thermique).

Il est important de bien faire la différence des produits issus du procédé de l'appertisation : les **conserves** et d'autres produits, tels les **marinades** (1), qui bien que présentés en récipients étanches n'ont pas subi un traitement thermique suffisant pour assurer l'élimination totale des micro-organismes, et ont donc une durée de conservation limitée.

(1) Camille KNOCKAËRT, 1989. Les marinades des produits de la mer.
Coll. **Valorisation des produits de la mer**. IFREMER, 78 p.

Historique succinct de l'industrie de la conserve de poissons en France

- 1804 : Première conserve de légumes (Appert, 1749-1841)
- 1808 : Après quelques accidents, premiers essais de stérilisation à 115,5°C, à pression atmosphérique dans un mélange H₂O + CaCl₂.
- 1822 : Première « publicité » pour des conserves de sardines dans un journal nantais, suite aux essais de Colin.
- 1824 : Première usine de Colin.
- 1836 : La plupart des conserves sont fournies par Colin, plus du tiers étant constituées par des conserves de sardines.
- 1841-1875 : Plus de 160 usines existent en Bretagne.
- 1852 : Premier brevet concernant l'autoclave.
- 1870 : Première crise sardinière. Installation d'industriels en Algérie.
- 1880 : Création de l'industrie portugaise par des industriels français.
- 1885-1886 : Deuxième crise sardinière. Fin du monopole français suite aux prix pratiqués par le Portugal.
- 1891 : Premiers essais de conserves de maquereau et de thon.
- 1902 : Conflit des machines à souder qui remplacent les soudeurs manuels. 160 à 200 usines de sardines.
- 1902-1909 : Années noires pour la sardine : loi de 1906 (complétée ensuite par la loi de 1913) protégeant les fabrications françaises : estampillage des produits étrangers, limitation des importations aux formats inférieurs à 1 kg.
Vrai démarrage de la conserve de thon.
- 1907-1910 : Conflit des serti-seuses, qui remplacent soudeurs et machines à souder.
- 1908-1912 : Création des syndicats régionaux de fabricants.
- 1906 : Construction du premier thonier.
- 1923 : Début des conserves marocaines.
- 1935 : La stérilisation tend de plus en plus à se faire sous pression.
- 1934-1936 : Loi Tasso « Aide à l'armement libre » : augmentation des taxes à l'importation et Décret sur le contingentement, les prix de productions françaises étant plus élevés que ceux de leurs principaux concurrents.
- A partir de 1940 : Glissement des conserveries vers le sud du pays, et vers le sud en général, augmentation considérable des productions marocaines.

I. DE LA MATIÈRE PREMIÈRE AU PRODUIT

La matière première

Matière première à l'état frais

Matière première à l'état congelé

Congélation

Stockage

Décongélation

Critères de qualité

Critères microbiologiques

Critères organoleptiques

Cotation du poisson congelé-décongelé cuit

Examen à l'état congelé

Examen à l'état décongelé

- *changement de couleur*
- *détérioration de la partie abdominale*
- *manque de cohésion des myotomes*
- *odeur*

Examen après cuisson

Caractéristiques du produit

Structure physique du produit

Acidité du produit

Conserves acides

Conserves non-acides

Aspect microbiologique

Nature et caractéristiques thermiques des germes

Nombre initial de germes

Résistance des germes à la chaleur

La matière première

Que la matière première utilisée pour l'élaboration de produits finis (consève, semi-consève) soit fraîche ou congelée, elle doit être manipulée, préparée et conservée avec tous les soins que nécessitent les aliments.

Matière première à l'état frais

La chair du poisson vivant est dépourvue de bactéries. Après la pêche, cette chair peut être contaminée par les bactéries du poisson lui-même mais aussi par les bactéries surajoutées lors des manipulations. Tant que le poisson est vivant, les bactéries présentes sur la peau, le mucus, les branchies et dans les viscères, ne pénètrent pas à l'intérieur de la chair. Par contre, dès que le poisson meurt, celles-ci peuvent contaminer très rapidement les parties comestibles. C'est pourquoi, après la pêche, il faut éliminer au maximum les bactéries existant normalement sur le poisson et dans ses viscères, en le lavant abondamment, en l'éviscérant si nécessaire et en lavant le poisson éviscéré pour éliminer au maximum les restes de viscères et de sang, milieu de prédilection pour le développement des micro-organismes. De plus, pour éviter la contamination par des bactéries surajoutées, il faut veiller à maintenir en parfait état de propreté tout le matériel entrant en contact avec le poisson (tables, couteaux, etc.) mais aussi surveiller l'hygiène du personnel.

A ce stade, le poisson peut être conservé de deux façons : à l'état réfrigéré ou à l'état congelé.

Dans le premier cas, la multiplication des bactéries des poissons n'est freinée efficacement qu'à des températures se situant au voisinage immédiat de 0°C. Pour maintenir cette température, le meilleur moyen est la glace fondante. Celle-ci doit être présente de la cale jusqu'au lieu de transformation (débarquement-transport-entrepôt).

Matière première à l'état congelé

- *Congélation* (cf. annexe n° 1, législation) : Après congélation, la température interne du poisson devra être inférieure ou égale à - 18°C. Si aucune bactérie ne se multiplie au-delà de - 10°C, il faut atteindre - 18°C pour arrêter les levures et les moisissures (Figure 1).

Par ailleurs, la congélation provoque la mort de certains germes, mais de certains seulement, si bien que cette technique ne peut en aucun cas être considérée comme un procédé de stérilisation ou d'assainissement, et la manipulation des denrées congelées nécessite le respect rigoureux des règles d'hygiène.

— *Stockage* (cf. annexe n°1, législation): Congelé correctement, le poisson doit être entreposé à une température de - 18°C minimum afin d'éviter toute prolifération microbienne.

Selon les tailles et les espèces des poissons, il est fortement conseillé de les protéger contre le phénomène de dessiccation au moyen d'emballage étanche ou en utilisant la technique de glaçage. Une déshydratation en surface facilite l'oxydation et se traduit par des dénaturations locales.

La durée de stockage à l'état congelé est limitée dans le cas du poisson notamment par les phénomènes de rancissement des graisses. Le tableau 1 donne un ordre de grandeur des durées pratiques de conservation à des températures de stockage différentes pour quelques types de produits marins.

	Durée pratique de conservation en mois		
	- 18°C	- 25°C	- 30°C
Poissons gras.....	4	8	12
Poissons maigres.....	8	18	24
Poissons plats.....	10	24	24
Homards - crabes.....	6	12	15
Crevettes.....	6	12	12
Crevettes emballées sous vide ..	12	15	18
Palourdes.....	4	10	12

Tableau 1. — Durée pratique de conservation de certains produits de la mer. Documentation : Institut international du froid 1972.

- *Décongélation* : Du point de vue thermique, la décongélation doit amener le produit à une température susceptible de faciliter les diverses opérations de préparation. C'est une opération délicate qui consiste à faire absorber au poisson l'énergie nécessaire à la fusion plus ou moins complète de la glace renfermée dans sa masse. Mal conduite, la décongélation peut occasionner de graves altérations des propriétés gustatives et de la qualité sanitaire du produit.

Les techniques de décongélation pratiquées généralement dans l'industrie de la transformation du poisson utilisent un réchauffement externe. L'échange de chaleur se fait par rayonnement-convection entre le fluide chaud et le produit à décongeler, puis par conduction au sein du produit. Les vecteurs sont l'air ou l'eau. Dans le cas d'une décongélation à l'air, elle se pratique à l'air froid statique dans des chambres froides à 0°C+4°C, à air chaud puisé (four à air chaud ou tunnels), à air sous pression réduite ou par d'autres techniques (Tableau 2). La décongélation à l'eau peut se faire par immersion ou par aspersion.

Lors de la décongélation, les micro-organismes précédemment inhibés vont pouvoir de nouveau se multiplier. La multiplication des germes dans les denrées décongelées peut être accélérée pour les raisons suivantes :

Mode de décongélation	Température	Durée du traitement : produit passant de - 20°C à 0°C à cœur		
		sardines blocs de 370x260x65 mm	thon entier diamètre : 18cm	thon en tranches épaisseur : 6,5 cm
Air calme.....	+ 8°C	18h30		26 h
Air ventilé en chambre avec brassage d'air.....	+ 8°C	11 h 00	48 h	15 h
Eau courante.....	+ 8°C	4 h 15	24 h	7 h 45

Tableau 2 — Influence du traitement sur la durée de la décongélation par réchauffement externe (1).

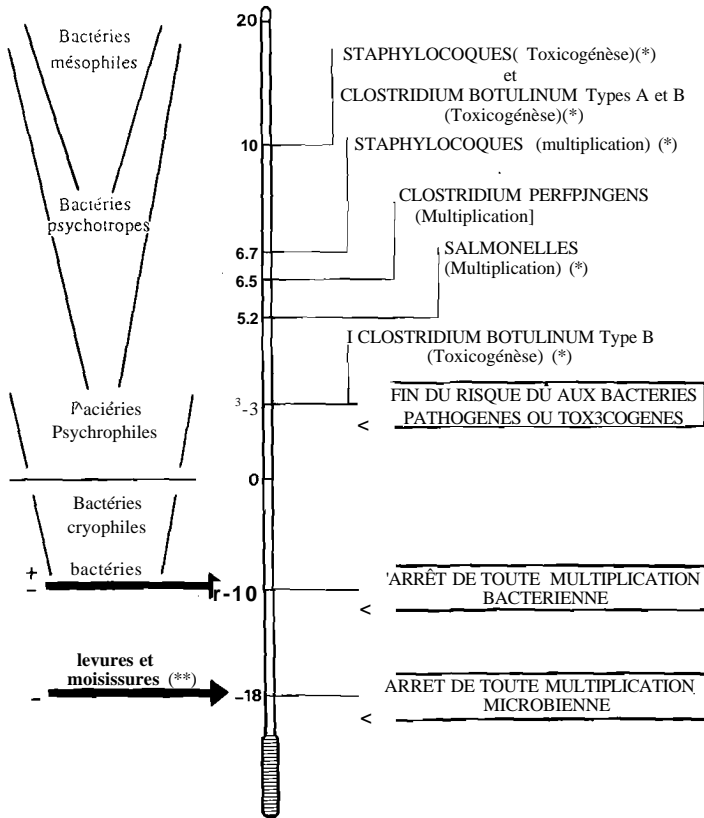


Figure 1 — Action de la température sur la multiplication et la toxino-génèse des micro-organismes de contamination des denrées alimentaires

ECHELLE CELSIUS

(1) Réf. des températures critiques : rapport technique n° 598 « Aspect microbiologique de l'hygiène des denrées alimentaires » OMS 1976.

(2) La plupart des moisissures cessent de se multiplier à - 12°C; cependant SCHMIDT-LORENZ considère qu'il faut descendre à - 18°C pour observer l'arrêt total de leur multiplication. Si la majorité des levures cessent de se multiplier à - 12°C, - 15°C, il en existe qui se développent encore à - 17,8°C. notamment « Pink Yeast » isolée de l'huître congelée.

Document CNERPAC, Janvier 1979

- la concurrence microbienne est affaiblie par la destruction de certaines souches lors de la congélation, les survivants croissent plus aisément;
- le terrain décongelé est plus propice à la croissance qu'il ne l'était avant la congélation, et aux températures positives voisines de 0°C, les germes psychrotrophes commencent très rapidement à se développer;
- la technique de décongélation induit une contamination supplémentaire.

Critères de qualité

— Critères microbiologiques

Les critères microbiologiques relatifs à divers produits de la pêche (2) sont groupés dans les tableaux 3 et 4,

— Critères organoleptiques

On peut affecter aux produits frais (tableaux 5 et 6) et aux produits congelés (tableau 7) une note caractéristique de l'état d'altération du produit. Le tableau 9 permet à l'industriel de procéder à une vérification de la matière première à sa livraison.

La qualité organoleptique représente l'ensemble des impressions sensorielles (visuelles, olfactives et gustatives) que procure un produit soumis à la dégustation (3). L'altération induisant des changements biochimiques et chimiques, il existe une corrélation entre l'état de fraîcheur du poisson, son aspect et ses propriétés organoleptiques. Ceci n'est valable que pour le poisson frais ou, à la rigueur, congelé. Les services officiels français utilisent un tableau de cotation mis au point par l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM) devenu Institut Français de la Recherche et de l'Exploitation de la Mer (IFREMER). Dans ce système (tableau 5), on examine successivement treize caractères (pigmentation de la peau, aspect du mucus, etc.) dont onze à l'état cru et deux après cuisson normalisée. Chacun de ces caractères peut être noté de 0 à 6 (altération croissante). L'indice de fraîcheur est obtenu en faisant la moyenne arithmétique des notes partielles obtenues. Le nombre de caractères à apprécier est variable selon la présentation du poisson qui peut être entier, éviscéré, étêté et éviscéré, lavé ou non (présence ou non du mucus).

Tout poisson présenté à l'état frais ou réfrigéré dont l'indice d'altération dépasse 3,0 est considéré comme impropre à la consommation humaine. Dans les lieux d'expédition (halles à marée et ateliers de mareyage dans les ports de pêche, et le cas échéant chez certains grossistes) les poissons destinés à être consommés à l'état frais pourront éventuellement être retirés de la consommation humaine à partir de 2,8. Dans les points de vente proches des lieux de consommation (vente au détail), les poissons seront retirés de la consommation humaine lorsqu'ils dépassent l'indice 3,0.

DESIGNATION	MICRO-ORGANISMES aérobies 30°C (par grammes)	COLIFORMES fécaux (par grammes)	STREPTOCOQUES fécaux (par gramme)	STAPHYLOCOCCUS aureus (par grammes)	ANAEROBIES SUL. réducteurs 46°C (par gramme)	SALMONELLA
Crustacés entiers cuits réfrigérés autres que crevettes	10*	1			2	Absence dans 25 gr.
Tous crustacés, compris crevettes entières cuites ou crues, congelés ou surgelés	10 ³	1			2	Absence dans 25 gr.
Crevettes cuites décortiquées, réfrigérées et dé- cortiquées congelées ou surgelées	10 ⁵	10		10 ²	10	Absence dans 25 gr.
Coquillages bivalves et oursins présentés vivants		3.10 ² pour 100 al.	2.5.10 ³ pour 100 ml (1)			Absence dans 25 gr.
Coquillages bivalves et oursins présentés vivants Cuisses de grenouilles, escargots décoquillés sur- gelés ou congelés.					10 ³ (Clost. perfrim.)	Absence dans 1 gr. (2)
Poissons tranchés, panés ou non, filets de poisson frais réfrigérés	10 ⁵	10		10 ²	10	Absence dans 25 gr.
Poissons tranchés, panés ou non, filets de poisson congelés ou surgelés.	10*	1		10 ²	2	Absence dans 25 gr.
Préparations à base de chair de poisson, hachées, cruës	5.10 ⁵	10 ²		10 ²	10	Absence dans 25 gr.
Coquilles Saint-Jacques et moules précuites. . . .	10 ⁶	10		10 ²	30	Absence dans 25 gr.

Tableau 3 — Critères microbiologiques relatifs aux produits de la pêche (Art. 5 de l'arrêté du 21 décembre 1979).

(1) Cette recherche est effectuée en cas de suspicion particulière, selon les commémoratifs, dans 100 ml de mélange « chair-liquide intervalvaire ».

(2) Critère provisoire.

DESIGNATION	MICRO-ORGANISMES aérobies 30°C (par gramme)	COLIFORMES (par grammes)	STAPHYLOCOCCUS aureus (par gramme)	ANAÉROBIES SUL. réducteurs 46°C (par gramme)	SALMONELLA dans 25 grammes
Sémi-conservés pasteurisés (1).	10 ⁴	Absence	Absence	Absence	Absence
Sémi-conservés non pasteurisés (1).	10 ⁵	Absence	Absence	Absence (2)	Absence
Rollmops, harengs saurs, anchois, au sel ou à l'huile Saumon fumé, harengs et autres poissons légèrement salés et fumés.	10 ⁶ (3)	Absence	1	Absence	Absence

Tableau 4 — Critères microbiologiques relatifs aux sémi-conservés à base de denrées animales ou d'origine animale (Art. 9 de l'arrêté du 21 décembre 1979).

- (1) Revivification de la suspension mère pendant deux heures à la température du laboratoire pour les sémi-conservés et pendant trente-cinq minutes pour les sémi-conservés pasteurisés.
- (2) Cas particulier des anchois en saumure : anaérobies sulf., réducteurs 46°C : moins de 10 par gramme.
- (3) Dénombrement en milieu à l'eau de mer ou à défaut à l'eau de salinité 35 % et à une température d'incubation de 20°C pendant cinq jours.

	Caractères observés	N° des caractères	Barème de cotation							
			0	I	2	3	4	5	6	
1 1913	Peau	pigmentation	I	irisée	couleurs chatoyantes	couleurs vives	couleurs ternies	terne	décoloré	grisâtre
		nucus	II	transparent	opaque	laiteux	opaque	grumeleux	jaunâtre épais	
	Oeil	teinte	III		pupille noire brillante	pupille plus terne - cornée transparente	cornée opalescente	pupille grise - cornée laiteuse	blanchâtre	
		Affaissement	IV		convexe	un peu affaissé	plat	concave au centre	très concave	
	Branchie	Teinte	V		colorée brillante	moins colorée mate	se décolore	jaunâtre	grisâtre	
		Odeur	VI	algue marine	neutre	douceâtre	faiblement rance	altérée	putride	fétide
	Rigidité	Chair	VII	pré-rigor	ferme	élastique	souple	mou	flasque	
		Paroi abd.	VIII		intacte	détendue	moile	fragile	perforée	
	Péritoine (visc.)		IX	intact	adhérent	non adhérent	déchiré	détérioré	lysé	
	C.V.	Adhérence	X		se brise au lieu de se détacher	adhérente		non adhérente	se détachant facilement	
		Couleur chair avoisinante	XI		y normale	" -		rose	rouge	brune
19 1913	Odeur	XII	algue marine	neutre	faible non vieillie	aigre (ac. lactique)	ac. gras inf. + sulfurés	ammoniacale	putride	
	Saveur	XIII	spécifique	spécifique (renforcée)	spécifique atténuée	papier mâché	douceâtre un peu amère	amère (SH ₂ - NH ₃)	nauséuse	

Tableau 5 — Description cotée des caractères d'altération du poisson (ISTPM).

Objets d'examen	CRITERES			
	Cotes d'appréciation			
	3	2	1	0
	ASPECT			
PEAU	pigmentation vive et chatoyante -, pas de décoloration ; mucus aqueux, transparent	pigmentation vive, mais sans lustre mucus légèrement trouble	pigmentation en voie de décoloration et ternie ; mucus opaque	pigmentation terne : (1) mucus laiteux
ŒIL	convexe (bombé) ; cornée transparente ; pupille noire, brillante	convexe et légèrement affaissé ; cornée légèrement opalescente ; pupille noire, ternie	plat ; cornée opalescente ; pupille opaque	concave (1) au centre cornée laiteuse ; pupille grise
BRANCHIES	couleur brillante ; pas de mucus	moins colorées : traces légères de mucus clair	se décolorant ; mucus opaque	jaunâtres ; (1) mucus laiteux
CHAIR (coupure dans l'abdomen)	bleuâtre, translucide, lisse, brillante ; sans aucun changement de coloration originale	veloutée, cireuse, feutrée couleur légèrement modifiée	légèrement opaque	opaque (1)
COULEUR LE LONG DE LA COLONNE VERTÉBRALE	pas de coloration	légèrement rose	rose	rouge (1)
ORGANES	reins et résidus d'autres organes rouge brillant de même que le sang à l'intérieur de l'aorte	reins et résidus d'autres organes rouge mat -, sang se décolorant	reins, résidus d'autres organes et sang rouge pâle	reins, résidus d'autres organes et sang brunâtre (1)
	ETAT			
CHAIR	ferme et élastique ; surface lisse	élasticité diminuée	légèrement molle (flasque), élasticité diminuée ; surface cireuse (veloutée) et ternie	molle (flasque) (1) écailles se détachant facilement de la peau ; surface granuleuse
COLONNE VERTÉBRALE	se brise au lieu de se détacher	adhérente	peu adhérente	non adhérente (1)
PERITOINE	adhèrent totalement à la chair	adhérent	peu adhérent	non adhérent (1)
	ODEUR			
BRANCHIES, PEAU + CAVITÉ ABDOMINALE	algue marine	m d'algue, m mauvaïse	légèrement aigre	aigre (1)

(1) Ou dans un état d'altération plus avancé.

Tableau 6 - Barème de cotation - CEE n° 2455/70

Sur le plan européen, un tableau de conception identique (tableau 6) a été publié en 1970 (règlement n° 2455/70 du Conseil du 20 novembre 1970). Dix caractères y sont examinés successivement, tous à l'état cru. Chacun de ces caractères est noté de 3 à 0 (fraîcheur décroissante). L'indice de fraîcheur est obtenu en faisant la moyenne arithmétique des notes partielles obtenues.

Il n'existe pas de différence fondamentale entre les deux méthodes qui reposent l'une et l'autre sur l'appréciation organoleptique des caractères

	10	9	8	7	6	5	4	3	2	0
<u>ODEUR</u>	spécifique de l'espèce (identique au poisson frais)	normale de poisson frais	poisson. atténuée marqué	oxydée	neutre. sans défaut salé	vieille Huile de poisson non altérée	peu agréable poisson	légèrement ammoniacale légèrement altérée légèrement rance	ammoniacale altérée rance	franchement altérée putride
<u>SAVEUR</u>	spécifique de l'espèce	normale de poisson frais soécifique atténuée	poisson atténuée		neutre. absence de saveur	vieille huile de poisson non oxydée	peu agréable légèrement amère	désagréable amère huile de poisson oxydée	franchement désagréable piquante altérée	franchement altérée
<u>CONSISTANCE</u> (texture .)	spécifique de l'espèce	spécifique légèrement lâche (myotome)	spécifique lâche	légèrement détériorée légèrement sec	légèrement fibreuse sec	granuleuse	détériorée fibreuse		très détériorée très fibreuse	désorganisée bouillie
<u>QUALITÉ</u>		qualité extra			neutre				produit altéré	

Tableau 7 — Tableau de cotation ISTPM pour du poisson congelé après décongélation et cuisson.

Catégories de fraîcheur CEE		Correspondance approchée avec les indices d'altération (ISTPM)
Appellations	Degrés de fraîcheur	
Extra	Egal ou supérieur à 2,7	Egal ou inférieur à 1,3 ($\pm 0,1$)
A	Egal ou supérieur à 2,0 et inférieur à 2,7	Egal ou inférieur à 3,0 ($\pm 0,1$) et supérieur à 1,3 ($\pm 0,1$)
B	Egal ou supérieur à 1,0 et inférieur à 2,0	Egal ou inférieur à 3,0 ($\pm 0,2$) et supérieur à 2,0 ($\pm 0,1$)
C retraitée de la consommation humaine	Inférieur à 1,0 « Poissons ne satisfaisant pas aux exigences requises pour le classement dans les catégories extra, A et B.»	Supérieur à 3,0 ($\pm 0,2$)

Tableau 8 — Correspondance entre le degré de fraîcheur et l'indice d'altération dans la détermination de la qualité marchande des poissons.

d'altération. Dans ce cas (CEE), l'appréciation de l'état du poisson est exprimée en degré de fraîcheur (plus l'indice est élevé, plus l'échantillon est frais), alors que la méthode IFREMER donne un indice d'altération (plus l'indice est élevé, plus l'échantillon est altéré). Il existe une corrélation entre l'indice d'altération et le degré de fraîcheur (tableau 8).

Cotation du poisson congelé-décongelé-cuit

Les cotations du poisson congelé à l'usage de l'industriel et son examen à l'état congelé, décongelé, cuit, sont résumés dans le tableau 9, dont l'usage peut être détaillé comme suit :

On examine un échantillon représentatif du lot poisson entier et étêté, et on attribue des points de pénalisation prévus par le tableau.

Le total de ces points déterminera la catégorie de qualité du lot examiné selon le barème suivant :

— catégorie A.....	»» 10 points,
— catégorie B.....	de 11 à 24 points,
— retrait de la vente.....	+ 25 points.

L'interpolation entre les différentes valeurs données dans le tableau est autorisée.

L'échantillon est d'abord examiné à l'état congelé, puis après décongélation. Si on atteint un nombre de points de pénalisation entraînant le rejet, on arrête l'examen à ce stade. Dans le cas contraire, on procédera à l'examen à l'état cuit.

Si on constate sur l'échantillon la présence d'odeurs ou de matières étrangères, le lot est automatiquement rejeté.

Etat	Facteur	Description	Points de pénalisation	
congelé	dessiccation	absente	0	
		légère	2	
		moyenne	5	
		forte	10 maximum	
décongelé	changement de couleur	absent	0	
		léger	2	
		moyen	5	
		fort	10 maximum	
	manque de cohésion	a) espèces pélagiques	absent	0
			présent	2 maximum
		b) espèces démersales	absent	0
			léger	2
			moyen	4
			fort	8 maximum
	détérioration de la paroi abdominale	a) espèces pélagiques	absente	0
			légère	2
		moyenne	4	
		forte	8 maximum	
	b) espèces démersales	absente	0	
		présente	2 maximum	
odeur		bonne	0	
		moyenne	10	
		mauvaise	25	
cuit	odeur	bonne	0	
		moyenne	4	
		mauvaise	10 maximum	
	saveur		bonne	0
			moyenne	7
			mauvaise	15 maximum
texture		bonne	0	
		moyenne	4	
		mauvaise	10 maximum	

Tableau 9 — Cotations du poisson congelé à l'usage de l'industriel. Examen à l'état congelé-décongelé-cuit.

— Examen à l'état congelé

La dessiccation peut être :

- légère : très faible, ne masquant pas la couleur du produit et n'affectant qu'une petite partie de la surface;
- moyenne : peu profonde, facilement éliminable par grattage à l'ongle, ou dessiccation légère étendue à toute la surface;
- forte : dessiccation profonde, étendue à la plus grande partie de la surface, ou dessiccation modérée étendue à toute la surface.

- Examen à l'état décongelé

• *Changement de couleur*

Il faut prendre en considération le jaunissement dû à l'oxydation des graisses ou une perte excessive de l'aspect présenté normalement par le poisson conservé sous glace :

- léger : modification juste perceptible affectant moins de la moitié de la surface;
- moyen : modification notable affectant moins de la moitié de la surface, ou légère étendue à toute la surface;
- fort : très important; coloration anormale affectant la plus grande partie de la surface ou défaut moyen affectant toute la surface.

• *Détérioration de la paroi abdominale et éventration*

- légère : petites perforations affectant une faible proportion des individus;
- moyenne : perforations assez importantes pour laisser apparaître les viscères affectant jusqu'à 10% des individus;
- forte ; perforations laissant apparaître les viscères affectant 50 %, ou plus, des poissons.

• *Manque de cohésion des myotomes*

Une différence a été faite entre les poissons pélagiques et les poissons démersaux. Les premiers sont surtout affectés par les ruptures de la paroi abdominale et les seconds par la séparation des myotomes (constatée sur le poisson fileté), une pénalisation plus importante a donc été attribuée au défaut le plus représentatif de l'état d'altération de chacune des deux catégories.

Le manque de cohésion des myotomes (après filetage) peut être :

- léger : quelques fissures dans la chair n'affectant pas notablement l'aspect;
- modéré : fissures s'étendant jusqu'à la moitié de l'épaisseur du filet et diminuant sa cohésion;
- fort ; fissures s'étendant à toute l'épaisseur du filet et pouvant entraîner sa désagrégation.

• *Odeur*

- bonne : odeur fraîche, caractéristique de l'espèce, mais pouvant être plus faible que celle du poisson très frais conservé sous glace;
- moyenne : perte de l'odeur fraîche caractéristique, mais absence d'odeurs d'altération; légères odeurs de « frigo » et/ou rancissement des graisses;
- mauvaise ; odeurs d'altération, odeurs nettes de « frigo » et/ou de rancissement des graisses.

— Examen après cuisson

Les définitions des défauts d'odeur et de saveur à l'état cuit sont les mêmes que pour l'odeur à l'état cru.

La texture peut être :

- bonne : normale, caractéristique de l'espèce après une congélation rapide et décongélation;
- moyenne : modérément ferme, sèche, fibreuse ou farineuse;
- mauvaise : nettement dure, sèche, fibreuse ou farineuse.

Caractéristiques du produit

Structure physique du produit

La forme sous laquelle est emboîté le produit a une grande influence dans les transferts de chaleur au cours de la stérilisation.

Quand le produit est liquide ou emboîté avec une proportion importante de liquide, la chaleur est transmise essentiellement par convection (ex. : soupe de poisson). Dans le cas d'un produit solide, il s'agit plutôt de conduction (ex. : thon au naturel).

L'addition des liants, même en faible quantité, modifie de façon notable les échanges thermiques : en chauffant, ils ont tendance à augmenter la viscosité de la sauce ou du liquide de couverture et donc à ralentir la propagation de la chaleur (cas des soupes de poisson).

Acidité du produit

Plus on élève la température, plus vite on parvient à détruire les germes, spores ou formes végétatives, présents dans le milieu.

La résistance de la plupart des bactéries et des spores bactériennes à la chaleur, est maximale dans une zone de pH proche de la neutralité, et décroît rapidement lorsque le milieu est plus acide ; il s'ensuit que, dans les produits acides, la destruction des micro-organismes par la chaleur est relativement plus facile que dans les autres.

Le *Clostridium botulinum* est la bactérie pathogène la plus résistante à (a chaleur : c'est pourquoi elle est prise comme germe de référence pour l'établissement de barème de stérilisation. Or, contrairement aux levures et aux moisissures, la plupart des bactéries et surtout *C. botulinum* sont incapables de proliférer et de produire leurs toxines dans un milieu acide de pH inférieur à 4,5.

Cela a conduit à définir deux types de produits qui subiront des traitements différents .

- **Conserves acides** (pH < 4,5)

Elles ne permettent pas le développement des germes sporulés, comme *Clostridium botulinum* et autres *Clostridium* toxinogènes, ni des bactéries des toxi-infections alimentaires (Salmonelles, Staphylocoques) qui, cependant, peuvent survivre. Le traitement thermique doit être suffisant pour détruire celles-ci, ainsi que la flore acidophile (levure, moisissures, bactéries acidophiles) et pour inhiber les enzymes d'origine organique.

Le produit du type marinade est soumis à des températures inférieures à 100 C, soit par passage dans un tunnel à vapeur, soit par immersion dans un bain d'eau bouillante, jusqu'à atteindre au moins 85°C à cœur.

- **Conserves non acides** pH > 4,5)

Le traitement thermique doit garantir «un effet stérilisateur» adéquat contre les spores de *C. botulinum* et a fortiori contre les autres bactéries pathogènes moins résistantes. Les toxines doivent être absentes après stérilisation et les enzymes organiques ou microbiennes inactivées.

Des températures supérieures à 100°C sont alors appliquées. En pratique, entre 100°C et 110°C, il faut être prudent car des spores de *C. botulinum* peuvent résister. Dans ce cas, la durée du traitement doit être très longue et cela nuit à la qualité du produit. Des températures comprises entre 115 C et 121 -C sont plus généralement utilisées dans la pratique.

Dans le cas des produits de la mer, la plupart des conserves fabriquées sont des conserves dites «non acides» (tableau 10).

Dans certains cas, il est possible et légal d'abaisser le pH au-dessous de 4,5, par addition d'acide acétique ou citrique et de stabiliser par un

Acidité (pH)	Comportement des micro-organismes	Température nécessaire à la destruction
8	Inhibition progressive du développement	
	Zone dangereuse : développement de tous les micro-organismes	> 100°C
4,5	Multiplication des levures, moisissures et bactéries acidophiles	< 100°C

Tableau 10 — Relation température-acidité et développement des bactéries, levures et moisissures pathogènes.

traitement thermique inférieur à 100°C. Il faut alors être vigilant sur le pH après stérilisation; son passage à une valeur supérieur à 4,5 permettrait aux spores de produire leurs toxines dans le produit fini.

La résistance des bactéries est maximale dans une zone de pH comprise entre 6 et 7 et elle décroît rapidement lorsque le milieu est plus acide ou alcalin. Mais, à pH égal, les mêmes bactéries peuvent réagir différemment en fonction d'autres facteurs : la présence de graisse peut les protéger alors que de fortes concentrations en sucre ou en sel ont un effet inhibiteur (sauf pour les germes halophiles ou osmophiles).

Le tableau n°22, donné à titre indicatif, indique les valeurs stérilisatrice à appliquer en fonction du pH et de la nature du produit (Ch. V).

Aspect microbiologique

Le risque de survie dans une population microbienne soumise à un chauffage est d'autant plus faible que la population est moins dense. Il faut, par conséquent, veiller à chaque stade de la transformation et de la préparation, par des mesures d'hygiène appropriées, à maintenir la charge microbienne à un niveau aussi bas que possible (5).

Les bactéries présentes dans le produit destiné à la transformation ont pour origine la matière première ainsi que les apports aux différents stades de la fabrication. Le but de la stérilisation est de les détruire. Leur nature, leur nombre et leur résistance à la chaleur sont à prendre en compte pour déterminer le traitement thermique à appliquer.

- Nature et caractéristiques thermiques des germes

Les bactéries peuvent être classées en fonction de leur température optimale de croissance (là où elles se multiplient au maximum). On distingue alors (Figure 1) :

- les bactéries *psychrophiles* : elles nécessitent des températures voisines de 0°C pour se développer; des températures plus élevées peuvent les tuer;
- les bactéries *psychrotrophes* : leur nombre augmente aux basses températures ainsi qu'à 20-30°C; 10-11 °C leur est particulièrement favorable;
- les bactéries *mésophiles* : elles préfèrent les températures comprises entre 20 °C et 40°C. 30°C est généralement choisi comme température optimale sauf pour les pathogènes s'attaquant à l'homme (37°C); à noter que celles-ci peuvent encore se multiplier à des températures relativement basses;
- les bactéries *thermophiles* : elles cultivent entre 45°C et 65°C; leur étude s'effectue à 55°C.

L'emballage

Nature du récipient

La conductibilité thermique du récipient (métal, verre, plastique) agit sur la vitesse de pénétration de la chaleur. Les récipients de bonne conductibilité thermique (boîtes métalliques) permettent des échanges de température plus rapides que les récipients mauvais conducteurs de la chaleur (bocaux de verre par exemple). Pour un produit donné, le temps nécessaire à la stérilisation (montée en température + palier de stérilisation) sera donc plus long en bocaux qu'en boîtes métalliques. Certains puristes pourront rétorquer que si le verre se réchauffe plus lentement, il se refroidira par conséquent plus lentement et que l'effet stérilisateur globalement sera le même. Le fait est réel, mais comme on intègre uniquement la montée en température et le palier de stérilisation pour la détermination de la valeur stérilisatrice d'un traitement, la phase de refroidissement n'entre pas en ligne de compte.

Dimensions du récipient

La chaleur provenant de l'eau, la vapeur ou la flamme... est transmise au contenu à travers la paroi du récipient et pénètre plus ou moins vite à l'intérieur du contenu jusqu'au point le plus lent à s'échauffer. La position de celui-ci est différente selon le mode de transmission de la chaleur (nature du contenu) et selon la technique d'autoclavage utilisée (Figure 2).

C'est ce point spatial critique qui doit recevoir le traitement thermique minimal indispensable et c'est la température en ce point qu'il faut prendre pour base de toute étude sur la stérilisation.

Plus le récipient est grand et plus la pénétration de chaleur jusqu'au point critique est ralentie. Elle dépend de la dimension la plus faible de la boîte. Ainsi, pour des boîtes cylindriques, si la hauteur est supérieure au diamètre, la vitesse de pénétration est proportionnelle au carré du rayon.

Pour les produits s'échauffant par convection, le volume du récipient et sa forme influent moins sur les transferts de chaleur que pour ceux s'échauffant par conduction (cf. 11.3.2).

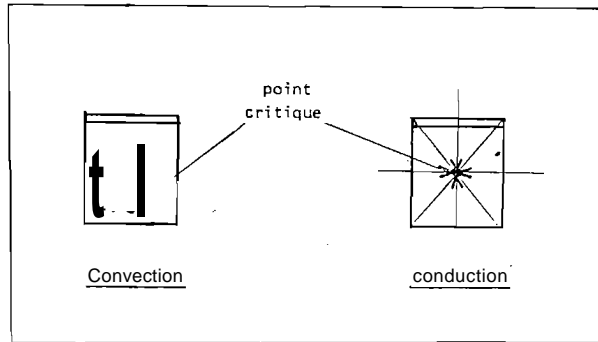
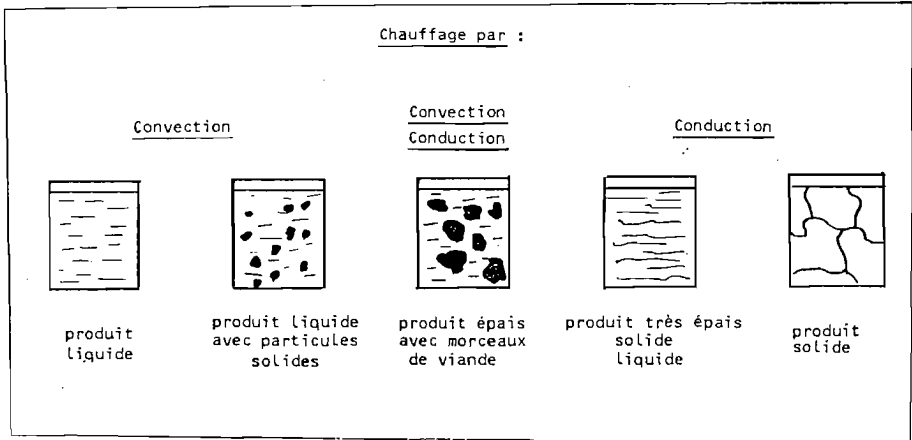


Figure 2 — Différentes possibilités de transferts thermiques au cours d'une stérilisation.

Le remplissage

Taux de remplissage du récipient

Un remplissage excessif comme un remplissage insuffisant peuvent porter préjudice au produit fini. Le premier cas présente toutefois le maximum de risques. Un remplissage trop important, voire à reflux, s'oppose aux mouvements de convection lors de la stérilisation et, de ce fait, ralentit la vitesse de pénétration de la chaleur. De plus, lors du traitement thermique, le contenu comme le contenant se dilatent, mais dans des proportions différentes. Plus la température est élevée, plus la dilatation augmente, et, comme les liquides qui se dilatent sous l'effet de la chaleur sont incompressibles, ils forcent sur le couvercle ou la capsule au risque de provoquer une perte d'étanchéité.

Selon la prescription du Centre technique des conserves de produits agricoles « *les récipients doivent renfermer la quantité maximum de... (nom du produit) qu'il est possible d'y mettre, sans porter atteinte à l'aspect, à la qualité ou à la conservation du produit* ».

Espace libre et pression interne

La pression intérieure du récipient dépend, entre autres facteurs, de la température initiale et de la température finale atteinte.

Lorsque l'on renferme un produit alimentaire dans un récipient où il subit une stérilisation, l'augmentation de température provoque une augmentation de la pression interne (5).

A une variation de 1°C de la température correspond, aux températures habituelles de stérilisation (115-116°C), une variation de pression interne de 50 g. A 116°C la pression interne est d'environ 1,7 kg mais elle passe à 1,9 kg à 120°C. Si la pression intérieure dépasse la valeur critique du récipient (celle-ci varie en fonction de la nature, de la forme et du volume du récipient), les serts sont soumis à un effort excessif, ce qui peut provoquer des fuites et des déformations irréversibles des fonds (becquets, boîtes floches).

Pour diminuer cette pression interne, une des solutions est d'emboîter à chaud lorsque ceci est possible comme dans le cas des soupes de poisson. Le calcul montre que la pression interne à 110°C est de 1,6 kg pour une boîte (850 cm³) fermée à 10°C, et de 1,250 kg pour la même boîte fermée à 60°C. Par la fermeture à chaud, on diminue donc la pression de 350 g et par voie de conséquence, on réduit les risques de déformations irréversibles.

En fait, pour faire baisser la pression intérieure lors de la stérilisation, on peut jouer effectivement sur la température initiale du produit, mais il ne faut pas oublier le rôle important de l'espace libre, surtout dans le cas des bocal, plus sensibles à une surpression intempestive.

Le graphique de la figure 3 indique l'élévation de la pression interne en fonction de la température de stérilisation pour un remplissage à 21°C et différentes valeurs du vide initial (6).

La valeur souhaitable de l'espace libre se situe entre 7 et 10%. Cet « espace libre » sera d'autant plus efficace qu'il se doublera d'un espace vide pour éviter la surpression due à l'air emprisonné dans le récipient. La température initiale intervient généralement au moment de la fermeture d'une boîte contenant de l'eau et un espace libre rempli d'air, sans vide, la pression à l'intérieur de la boîte est égale à la pression atmosphérique. Lorsque la boîte est chauffée, la pression interne augmente, à cause de la tension de vapeur, de la dilatation de l'eau et de l'air comprimé de la dilution des gaz dissous qui se dégagent. Pour une température initiale et

une température finale bien précises, la pression finale totale absolue sera ainsi la somme de la tension de vapeur de l'eau, de la pression partielle due à l'air et aux gaz libérés et de la dilatation de l'eau.

Le tableau 11 donne les valeurs de la tension de vapeur d'eau saturée à différentes températures.

Pour contrebalancer ces surpressions internes qui peuvent à la limite provoquer des déformations irréversibles, il est conseillé de refroidir sous contrepression. En fait, pour être certain de ne pas oublier la contrepression, il est préférable de l'appliquer dès le début du cycle de stérilisation.

L'arrivée d'eau froide dans l'autoclave provoque la condensation de la vapeur d'eau, donc un abaissement important de la pression de l'autoclave alors que la pression reste élevée dans la boîte. Pour éviter cette différence de pression qui conduirait à un éclatement des boîtes par surpression intérieure, il faut introduire, en même temps que l'eau froide, et par l'intermédiaire d'un système de régulation, de l'air comprimé. Les boîtes subissent ainsi le refroidissement à la même pression que celle à laquelle elles ont été stérilisées. Lorsque leur température est descendue suffisamment bas pour ne plus présenter de danger, on détend l'autoclave et on sort les boîtes. En fait, l'idéal serait de programmer la contrepression de façon décroissante au refroidissement : la boîte se refroidissant, la pression

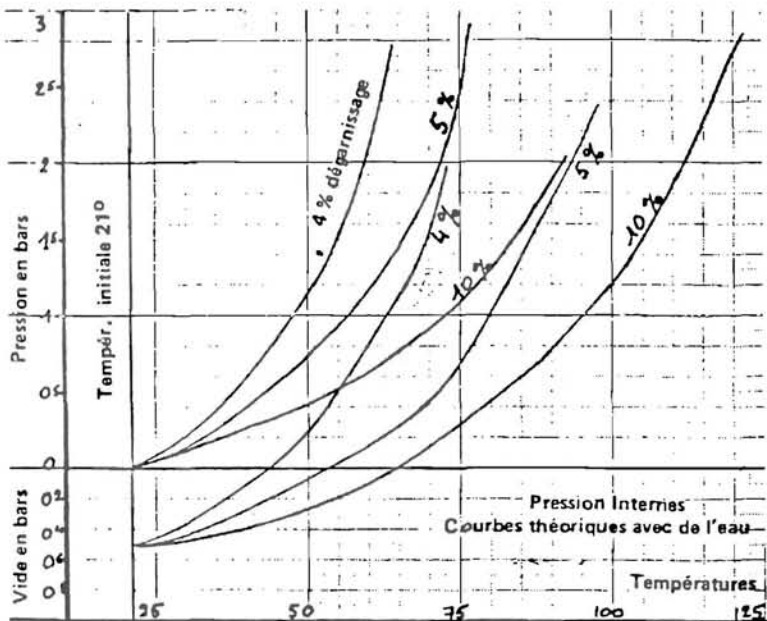


Figure 3 — Variation de la pression interne en fonction de l'espace libre et du vide initial dans une boîte de conserve au cours de la stérilisation (6).

t	F	t	F	t	F	t	F
0	0,0063	33	0,0509	66	0,2658	99	0,9969
1	0,0067	34	0,0538	67	0,2779	100	1,0334
2	0,0072	35	0,0569	68	0,2904	101	1,0709
3	0,0077	36	0,0601	69	0,3034	102	1,1096
4	0,0083	37	0,0635	70	0,3169	103	1,1494
5	0,0089	38	0,0670	71	0,3309	104	1,1903
6	0,0095	39	0,0708	72	0,3455	105	1,2325
7	0,0102	40	0,0747	73	0,3605	106	1,2759
8	0,0109	41	0,0787	74	0,3761	107	1,3205
9	0,0117	42	0,0830	75	0,3923	108	1,3664
10	0,0125	43	0,0875	76	0,4090	109	1,4136
11	0,0133	44	0,0922	77	0,4264	110	1,4623
12	0,0142	45	0,0971	78	0,4443	111	1,5121
13	0,0152	46	0,1022	79	0,4629	112	1,5635
14	0,0162	47	0,1075	80	0,4822	113	1,6162
15	0,0173	48	0,1131	81	0,5021	114	1,6704
16	0,0184	49	0,1190	82	0,5227	115	1,7261
17	0,0196	50	0,1251	83	0,5440	116	1,7823
18	0,0209	51	0,1314	84	0,5660	117	1,8420
19	0,0222	52	0,1381	85	0,5888	118	1,9023
20	0,0236	53	0,1450	86	0,6123	119	1,9642
21	0,0251	54	0,1522	87	0,6366	120	2,0278
22	0,0267	55	0,1597	88	0,6617	121	2,0930
23	0,0284	56	0,1676	89	0,6876	122	2,1599
24	0,0302	57	0,1757	90	0,7144	123	2,2286
25	0,0320	58	0,1842	91	0,7420	124	2,2990
26	0,0340	59	0,1931	92	0,7705	125	2,3712
27	0,0360	60	0,2023	93	0,8000	126	2,4453
28	0,0382	61	0,2119	94	0,8303	127	2,5212
29	0,0405	62	0,2219	95	0,8617	128	2,5991
30	0,0429	63	0,2322	96	0,8939	129	2,6789
31	0,0454	64	0,2430	97	0,9272	130	2,7607
32	0,0481	65	0,2542	98	0,9616		

Tableau 11 — Tensions de vapeur d'eau saturée aux diverses températures
t = température; F = tension de vapeur en kilogrammes.

interne diminue, donc la contrepression nécessaire diminue elle aussi. Cette technique permettrait d'éviter un écrasement de la boîte ou de la capsule au cas où la différence pression interne-pression externe deviendrait trop importante.

Dans le cas d'un autoclave avec air comprimé sans régulation automatique, la méthode la plus simple consiste à afficher 1 kg/cm² de contrepression dès la fermeture de l'autoclave et à réguler par la purge pour maintenir cette pression jusqu'à la valeur suivante :

$$\text{pression totale} = \text{pression de Mollier} + 1 \text{ kg/cm}^2$$

où la pression de Mollier représente la pression relative dans l'autoclave pour une température de l'eau déterminée (Tableau 12). Par exemple, le tableau indique pour une température de 121°C une pression de Mollier

de 0,730 kg/cm² contre 1,030 kg/cm² pour une température de 120°C, ce qui donne respectivement une contrepression totale de 1,730 kg/cm² à 115°C et 2,030 kg/cm² à 120°C.

Dans le cas d'un autoclave à air comprimé et régulation automatique, on décompte au minimum deux régulations automatiques de pression :

- une régulation sur l'entrée d'air comprimé (vanne à membrane manométrique) que l'on règle pour obtenir sa fermeture à :

$$\text{pression fermeture} = \text{pression Mollier} + 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{pression totale } P(t)$$

et son ouverture à :

$$\text{pression ouverture} = (Pt) - 100 \text{ g/cm}^2$$

- une régulation sur la vanne de vidange haute (vanne à clapet de préférence) que l'on peut régler à l'ouverture :

$$\text{pression ouverture} = (Pt) + 100 \text{ g/cm}^2$$

et pour sa fermeture à :

$$\text{pression fermeture} = (Pt)$$

	Température °C	Tension de vapeur absolue kg	Tension Mollier = pression relative de l'autoclave à la température indiquée	Pression totale avec surpression de 1 kg	Vide théorique retour à 20°C mm Hg
température remplissage	20	0,024			0
	30	0,043			négligeable
	40	0,075			négligeable
	50	0,125			70
	60	0,202			130
	70	0,317			200
	80	0,480			350
	90	0,714			500
	Température de traitement autoclave	100	1,030	0,030	1,030
105		1,230	0,230	1,230	
108		1,370	0,370	1,370	
110		1,462	0,460	1,460	
112		1,563	0,560	1,560	
115		1,726	0,730	1,730	
117		1,840	0,840	1,840	
120		2,028	1,030	2,030	
121		2,090	1,090	2,090	
122		2,160	1,160	2,160	
123		2,230	1,230	2,230	
124		2,300	1,300	2,300	
125		2,370	1,370	2,370	
127		2,520	1,520	2,520	
130	2,760	1,760	2,760		

Tableau 12. — Pression de Mollier.

La comparaison des tableaux 11 et 12 permet de voir qu'à 115°C la pression interne de la boîte est de 1,7261 kg/cm² alors que la valeur de la contrepression sera de 1,730 kg/cm² (0,730 + 1).

Une formule empirique, valable uniquement lorsque l'autoclave est parfaitement purgé d'air (les professionnels le voient à la couleur plus ou moins bleutée de la vapeur au niveau de la purge), donne une valeur approchée de la pression correspondant à la température :

$$P = \frac{W}{100}$$

si t=115°C; P= 1,75 kg, soit 1kg de pression atmosphérique + 0,7 kg dus à la vapeur d'eau (la pression de Mollier du tableau 11 donne 0,73 kg).

Une seconde formule empirique, valable aux températures habituelles de stérilisation et pour les formats moyens courants, donne la valeur de la contrepression à appliquer au refroidissement :

$P \text{ contrepression} = 3/2 P \text{ Stérilisation} + 0,6 \text{ kg}$

Ainsi, pour 115°C : P = 1,72 kg

pour 121°C : P = 2,1 kg

La figure 4 représente la variation de la pression interne lors d'une stérilisation à 115°C, avec un espace libre initial de 7% pour des vides initiaux de 0,125 et 250 mmg Hg et montre que, pour ne pas dépasser la valeur de 1,7 kg en pression interne, il faut, pour un vide initial nul, empoter à 86°C contre 73°C pour un vide de 125 mmg et 62°C pour un vide de 250 mmg Hg.

La figure 5 représente la variation de la pression interne en fonction de la variation de l'espace libre pour une température de stérilisation de 115°C et une température d'empotage de 60°C à des vides initiaux différents. Elle indique que pour ne pas dépasser une valeur de pression de 1,7 kg, il suffit pour un vide initial de 250 mm Hg, de 7 % d'espace libre, contre 12 % à 125 Hg.

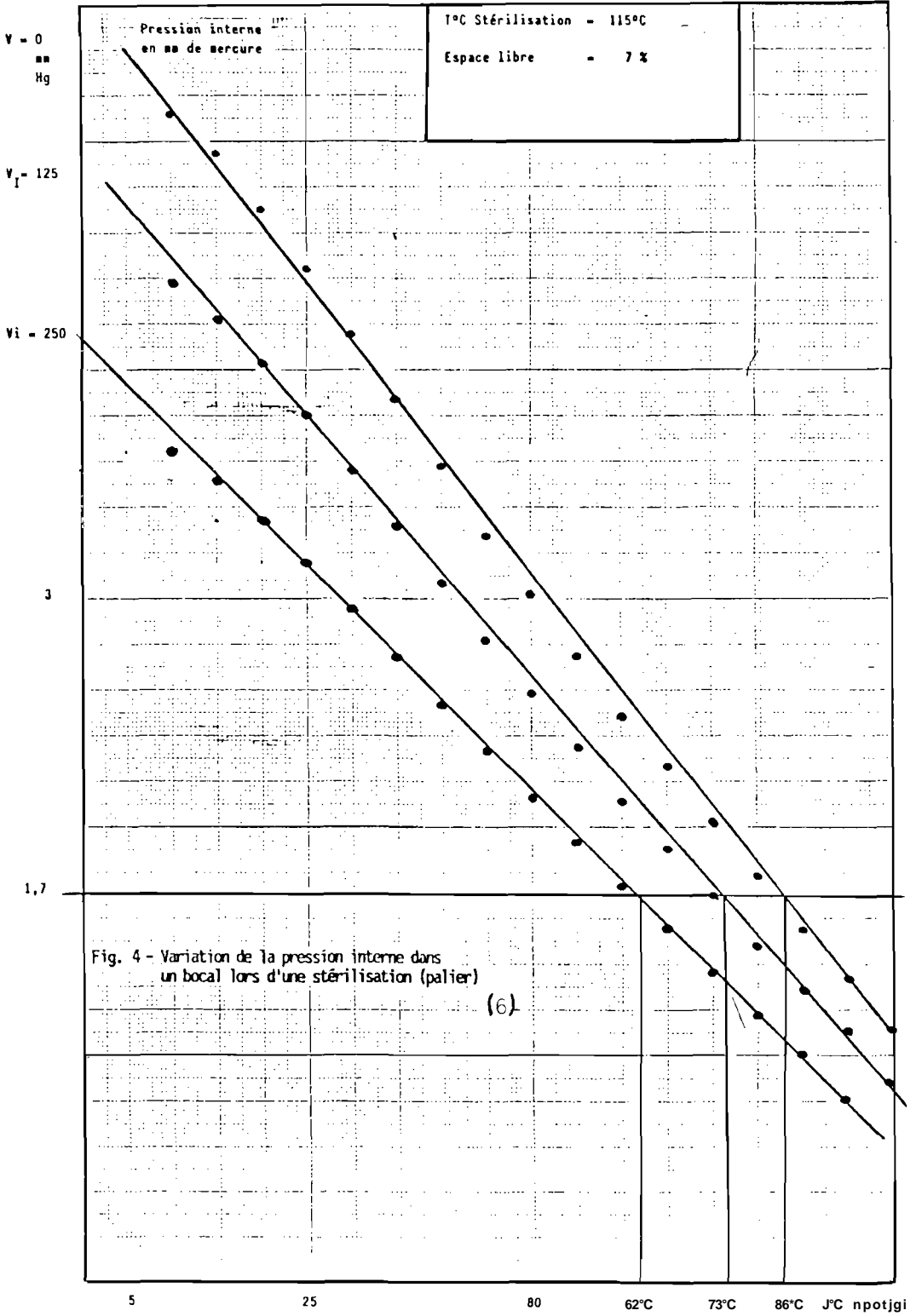
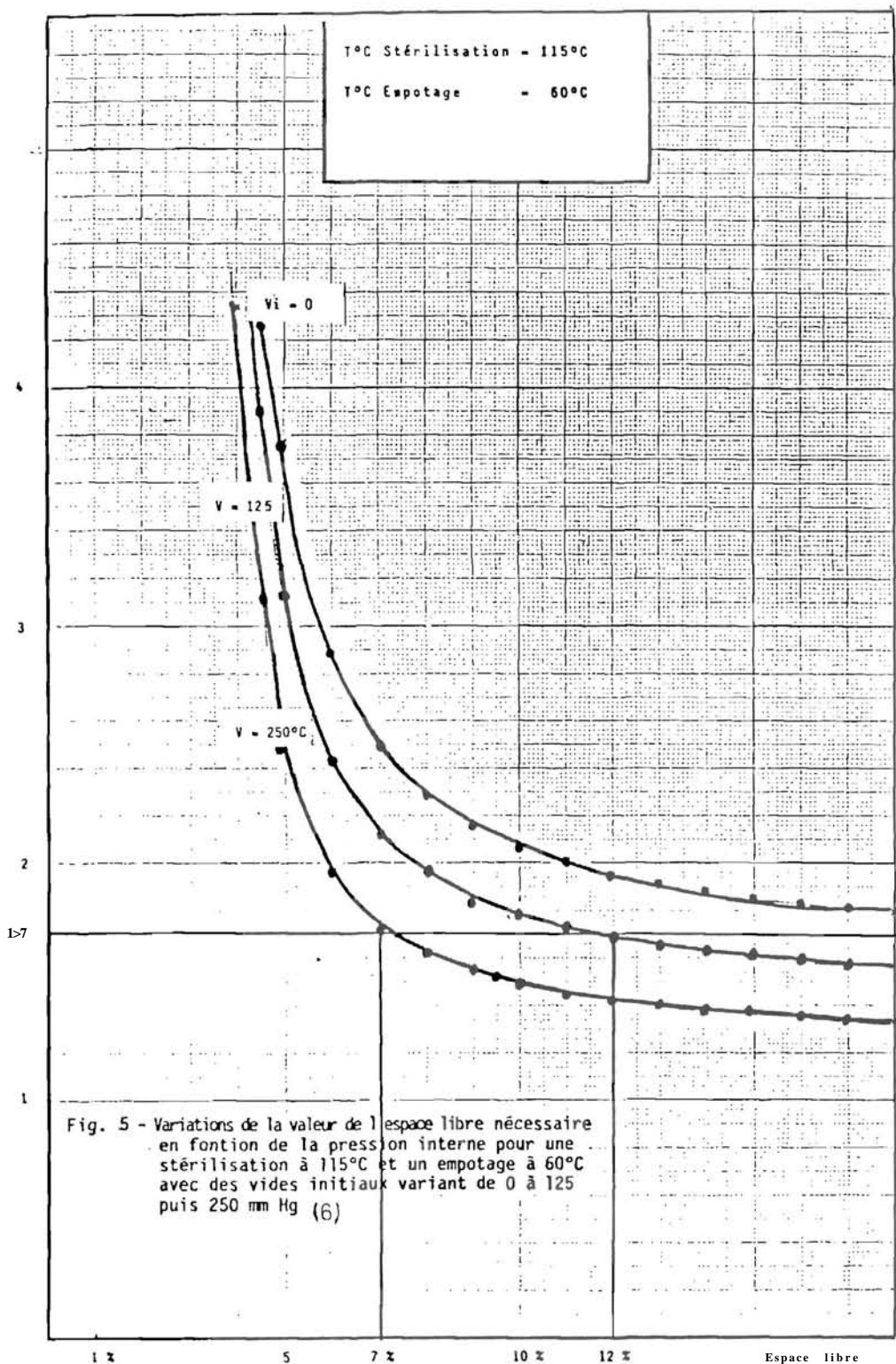


Fig. 4 - Variation de la pression interne dans un bocal lors d'une stérilisation (palier)

(6)



Vitesse de pénétration de la chaleur

Température initiale du produit

Ce qui importe dans le principe de la stérilisation est beaucoup moins la température finale atteinte par le produit que le temps pendant lequel il a été maintenu à cette température.

Compte tenu de ce principe, la température du point critique au début du traitement thermique doit être la plus élevée possible. La boîte qui se trouve à la température initiale la plus basse restera toujours en retard sur les autres. Elle sera donc exposée moins longtemps à la température requise ce qui induit un risque de non-stérilité du produit (Figures 6 et 7).

Valeurs
Stérilisatrices

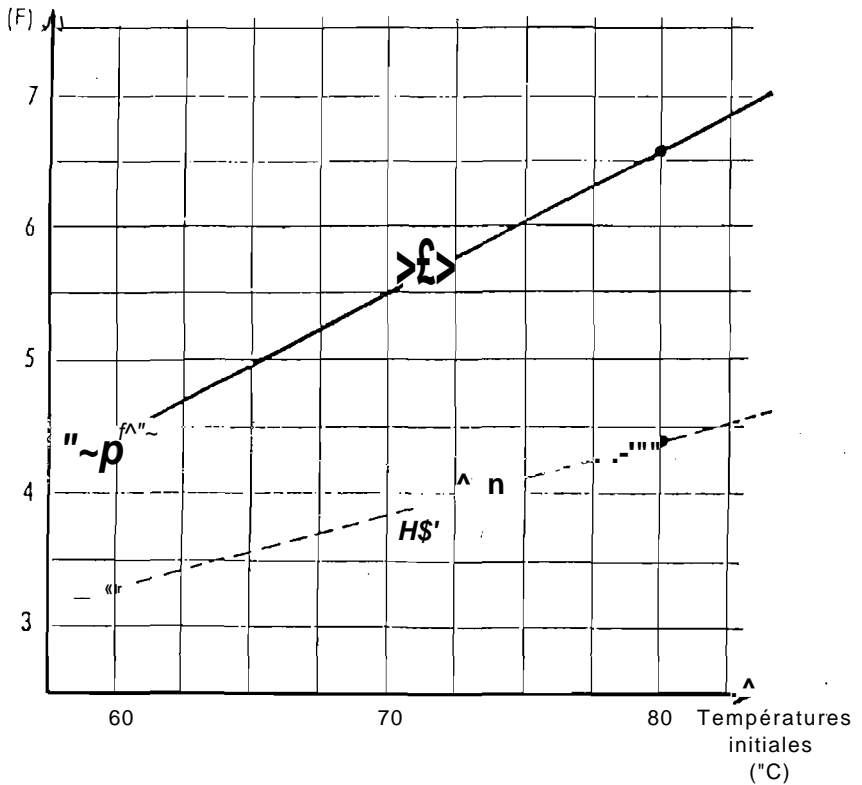


Figure 6 — Influence de la température initiale sur les valeurs stérilisatrices partielles (VSP) et totales (VST) calculées pour des boîtes 1/1 de ravioli en sauce tomate, soumises à un traitement thermique sous régime d'agitation en autoclave à panier rotatif (20 tours/mn) système « Rotomat », pendant 53 mn à 115°C, suivi d'un refroidissement sous pression (7).

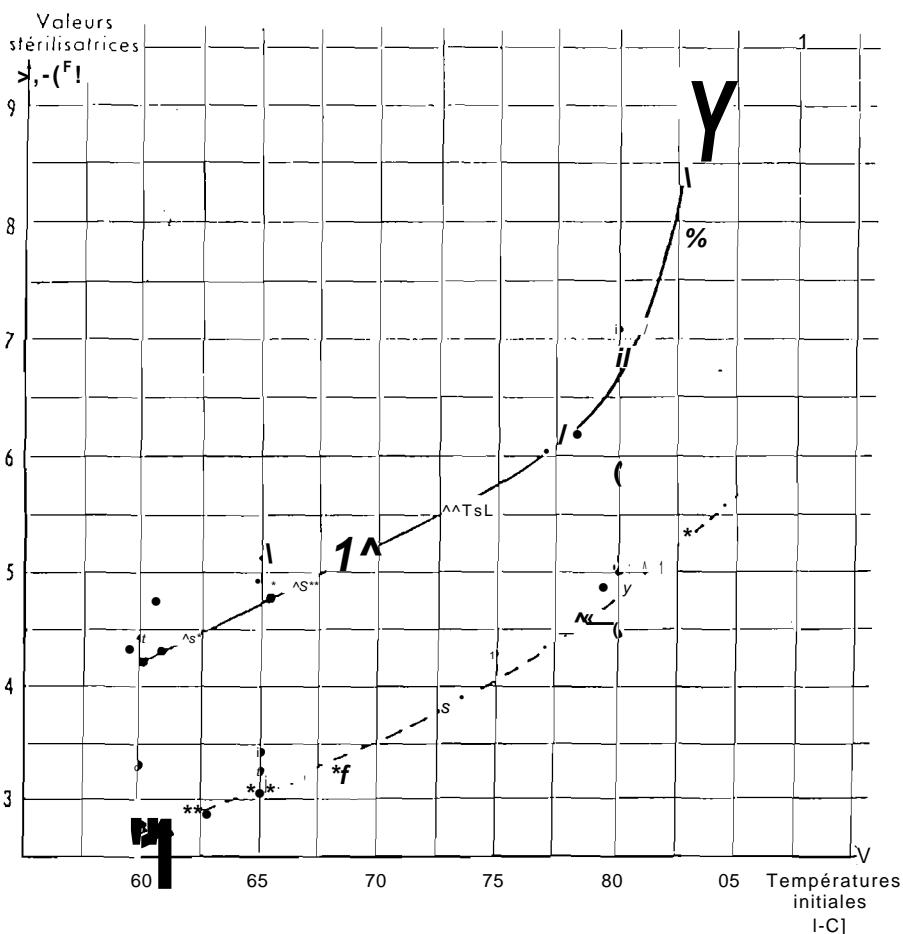


Figure 7 — Influence de la température initiale sur les valeurs stérilisatrices partielles (VSP) et les valeurs stérilisatrices totales (VST) calculées pour des boîtes 1/1 de ravioli en sauce tomate, soumises à un traitement thermique de 115 mn à 115°C en autoclave statique à la vapeur, suivi de refroidissement sous pression (7).

La température minimale conseillée est de 60°C. Il est donc judicieux de procéder soit à un préchauffage du produit, soit un remplissage à chaud (soupes, bisques), soit un jutage bouillant dans le cas des conserves comportant une proportion importante de liquide par rapport au solide, soit enfin à un préchauffage avant sertissage.

Quelle que soit la valeur de la température initiale, une stérilisation rationnelle n'est possible que si cette température au point critique est connue et contrôlée.

Outre son importance pour l'élaboration d'un barème de stérilisation, la température initiale joue un rôle important dans la pression interne lors de l'autoclavage.

Nature des échanges thermiques : conduction-convection

Un des paramètres importants influant sur la stérilisation est la vitesse de pénétration de la chaleur au point critique du produit. La structure physique du produit joue donc un rôle très important pour les transferts de chaleur entre le milieu chauffant et la denrée. Ce transfert se fait par conduction ou par convection.

La conduction est la transmission de la chaleur de proche en proche, d'une molécule à l'autre. La convection est la transmission de la chaleur par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement au sein duquel des portions de matières peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres. Le chauffage de ce milieu hétérogène crée des courants qui induisent un brassage énergétique. Ce phénomène permet une élévation plus rapide de la température de l'ensemble du produit.

En fait, conduction et convection interviennent l'une et l'autre dans les préparations classiques à base de poisson. Une faible variation dans la composition d'une sauce ou d'une soupe peut avoir des conséquences importantes sur un barème de stérilisation : quelques pourcents de liants, d'amidon, de matière grasse et épaississants divers modifient parfois de façon considérable la vitesse des échanges thermiques (Figure 2). A partir d'un certain pourcentage de liants et selon la nature du produit, la pénétration de chaleur peut se faire uniquement par conduction, les courants de convections n'ayant plus la possibilité de se créer.

Choix du fluide chauffant

Les fluides chauffants sont l'eau, la vapeur, le mélange air-vapeur, le mélange eau-air-vapeur et la flamme.

L'eau favorise une bonne homogénéité du chauffage et évite à la conserve des chocs thermiques importants; par contre, la montée en température est lente et nécessite un apport énergétique élevé. C'est ce milieu qui doit être utilisé pour la stérilisation de bocaux de verre qui supportent mal le passage brusque du chaud au froid. L'eau sert alors de tampon thermique au moment du refroidissement à condition de laisser, au-dessus de la dernière couche de bocaux, une couche tampon d'eau de l'ordre de 10 cm (8).

La vapeur permet une montée en température rapide; la consommation énergétique est plus faible que pour l'eau.

Le mélange air-vapeur assure une indépendance pression/température mais nécessite un fort brassage.

Le mélange eau-air-vapeur optimise la pénétration de chaleur et le refroidissement grâce à l'échangeur d'eau surchauffée maintenue liquide par surpression d'air; il est conseillé pour les produits fragiles mais est assez coûteux.

La flamme autorise les cadences élevées avec un investissement abordable; ce système est réservé pour les produits supportant un traitement à haute température; il n'y a pas de contrepression.

Agitation du produit pendant le chauffage

L'agitation augmente la vitesse de pénétration de chaleur dans le cas de produits constitués de morceaux baignant dans un liquide mais est inutile dans le cas de produits très épais ou solides.

L'efficacité dépend du type de l'agitation, de la vitesse de rotation, de l'espace libre dans la boîte, du tassement du produit et de sa consistance, de la dimension des morceaux.

Deux méthodes sont utilisées : la rotation des paniers ou la rotation des boîtes elles-mêmes.

III. EMBALLAGES UTILISÉS EN CONSERVERIE

Emballage en verre

Le pot

La capsule

Les boîtes métalliques

Les boîtes en fer blanc

Les boîtes en aluminium

Les emballages souples ou semi-rigides

La conserve souple

La conserve semi-rigide

Les fonctions fondamentales d'un emballage sont les suivantes :

1. Assurer une barrière efficace et durable entre le produit contenu et le milieu extérieur et ses contraintes;
2. Permettre la réunion et la séparation faciles de l'emballage et du produit contenu (surtout dans le domaine alimentaire);
3. Servir de moyen de manutention et de stockage du produit contenu;
4. Constituer un support à la présentation visuelle du produit contenu;
5. Disparaître après usage;
6. Permettre une production facile, homogène et économique de l'emballage lui-même.

A l'heure actuelle, les produits de la mer et leurs dérivés, destinés à être stérilisés avant commercialisation, sont en quasi totalité conditionnés en verre ou en boîte métallique.

Emballages en verre (6)

La composition du verre utilisée est approximativement la suivante :

SiO_2 : 72%, Na_2O : 13%, CaO : 10%, Al_2O_3 : 2%, BaO : 1 %, K_2O : 1 %, MgO : 1 %.

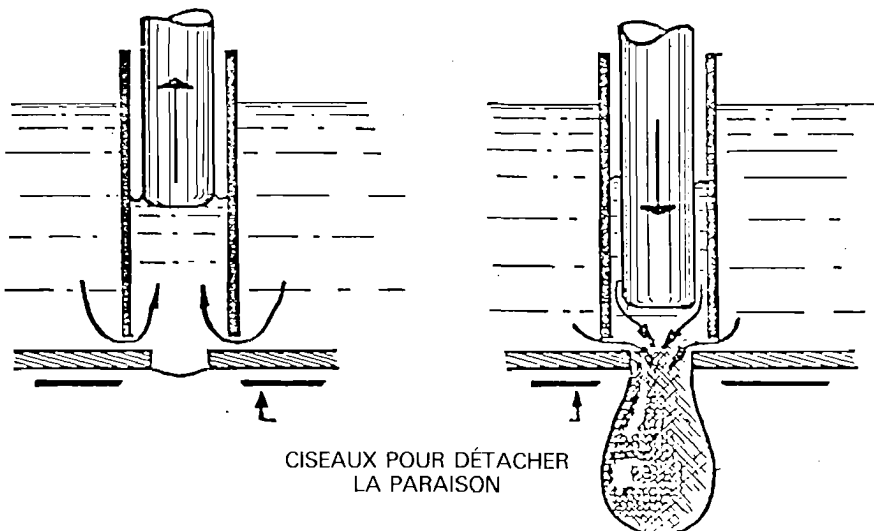


Figure 8 — Formation d'une paraison (6): à gauche, le verre est aspiré à l'intérieur du tube; à droite, le verre est refoulé à l'extérieur.

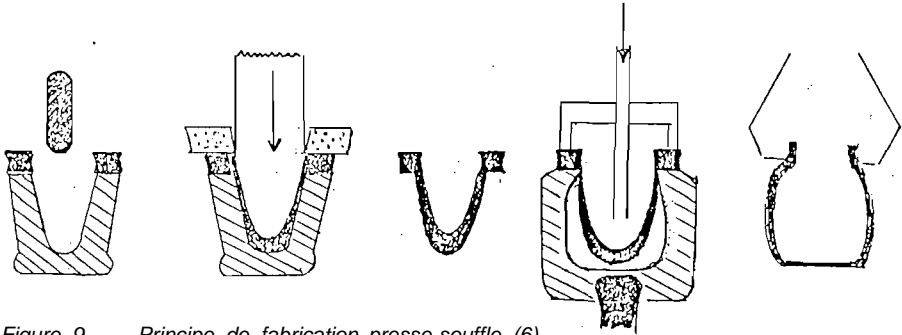


Figure 9 — Principe de fabrication presse-souffle (6).

La fabrication d'un pot industriel en verre passe par les stades de pesage des matières premières, de cuisson dans des fours à haute température, de pressage dans un moule ebaucheur, de soufflage à l'air comprimé, de démoulage, de recuisson, de traitement de surface, de contrôles, de palettisation et enfin de housage.

Pour les récipients industriels à large ouverture, la technique utilisée est du PRESSE-SOUFFLE, Le verre en fusion est aspiré à l'aide d'un piston puis soufflé au travers d'un orifice. La masse obtenue dénommée paraison (Figure 8) est ensuite déposée dans un moule ébaucheur, pressée à l'aide d'un poinçon puis transférée dans le moule définitif (moule ebaucheur) pour être enfin soufflé à l'aide d'air sous pression (Figure 9).

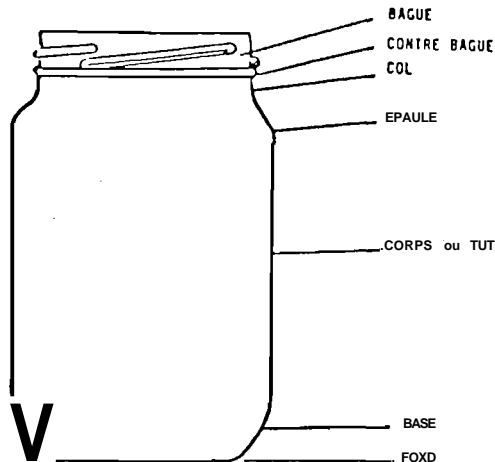


Figure 10 — Différentes parties d'un pot.

Le pot (Figure 10)

Le pot en verre doit avoir une bague qui permette l'application d'un bouchage étanche capable de résister aux traitements nécessaires à la conservation du produit fini.

En outre, il doit être inerte chimiquement vis-à-vis des aliments. Sa transparence permet la mise en valeur du produit et oblige impérativement une présentation irréprochable. Il semble acquis, dans certains cas de conserves, qu'une exposition trop prolongée à la lumière conduit à une modification de l'apparence du produit.

Enfin, le pot en verre doit être résistant mécaniquement et thermiquement. Thermiquement, le verre résiste mieux au choc froid-chaud qu'au choc chaud-froid. Cependant, il est résistant aux chocs thermiques jusqu'à une valeur de 50°C de différence.

Certaines précautions de manipulation doivent être prises au cours des différents convoyages du fait de la fragilité du verre. Son poids, plus important que celui des boîtes métalliques, est à considérer.

La capsule

Une capsule pour pot industriel destiné à la conserve est un couvercle de forme appropriée au bouchage choisi, capable d'assurer, par l'intermédiaire du joint adéquat qu'il porte, l'étanchéité du récipient en vue d'assurer le traitement et la conservation des produits emballés, dans des conditions définies (6).

De nombreux types de capsules existent sur le marché. Quel que soit le modèle et sa forme, la capsule doit être élastique pour bien épouser la forme du pot. Elle est recouverte de vernis organosol-phénoliques ou organosol-vinyls pour la rendre résistante à la corrosion. Elle possède un joint étudié pour un usage bien déterminé, pasteurisation ou stérilisation. Enfin, l'ensemble pot + capsule constitue l'emballage. Ceux-ci sont nombreux, nous en présenterons les principaux utilisés en France.

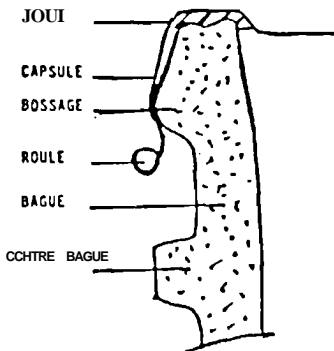


Figure 17 — Bouchage Eurocap (schéma de principe)

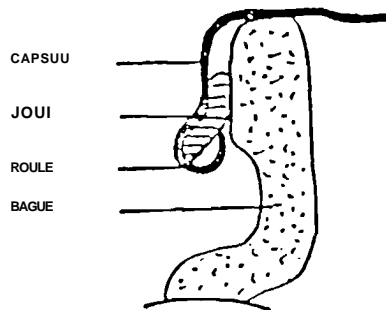


Figure 13 — Bouchage Pry-off (schéma de principe).

Bouchage Eurocap (Figure 11)

L'étanchéité est horizontale par l'intermédiaire d'un joint plastique coulé, épousant les deux joncs du verre et le capsulage se traduit par un accrochage mécanique du métal sous la bague verre tout en exerçant une pression sur le joint.

Du fait de leur accrochage mécanique, les capsules Eurocap résistent à une certaine pression interne qui dépend de leur diamètre et qui peut aller jusqu'à $2,5 \text{ kg/cm}^2$. La fermeture sous vide vapeur est conseillée (250 mm de Hg pour un espace libre de 7 %).

L'ouverture nécessite l'aide d'un outil approprié, ce qui rend la conserve inviolable sur les lieux de vente.

Après stérilisation, de l'eau peut rester dans le roulé de la capsule et entraîner l'apparition de rouille très rapidement. On y remédie partiellement en sortant les pots encore tièdes de l'autoclave.

Ce capsulage en deux temps est effectué sous jet de vapeur qui a pour but :

- de ramollir le joint,
- de chasser les particules solides qui se trouvent dans le buvant du pot,
- de chasser l'air de la partie supérieure, créant ainsi au refroidissement un espace libre qui est aussi un espace vide.

Il faut enfin distinguer, et ce n'est pas évident, les capsules stérilisables des capsules pasteursables qui ne supportent pas des températures supérieures à 100°C . On les reconnaît avec l'habitude par la fragilité de leur joint qui ne résiste pas sous l'ongle.

Il serait plus simple et sécurisant pour l'utilisateur que le fabricant mette un signe distinctif simple !

Bouchage « Twist-off » (Figure 12)

Son nom vient de l'américain et signifie «tourner». L'étanchéité est horizontale par l'intermédiaire d'un joint plastique coulé dans la capsule. La jupe de la capsule est verticale et se termine par un roulé et des crans dont le nombre est croissant avec le diamètre de la capsule.

Le bouchage « twist-off » nécessite une fermeture sous vide. La stérilisation doit être réalisée sous contre-pression d'air comprimé destiné à éviter le décollement de la capsule sous l'effet de la pression interne.

Si elle présente l'avantage d'être réutilisée, cette capsule facilement violable rebute certains industriels.

Bouchage Pry-Off (Figure 13)

Le terme pry signifie «appuyer». La capsule cylindrique, à sa partie supérieure, s'évase vers le bas serrant dans son roulé le joint de caoutchouc. Le bouchage, qui doit être effectué sous vide, se fait simplement par enfouissement de la capsule sur la bague de verre qui est lisse. La différence

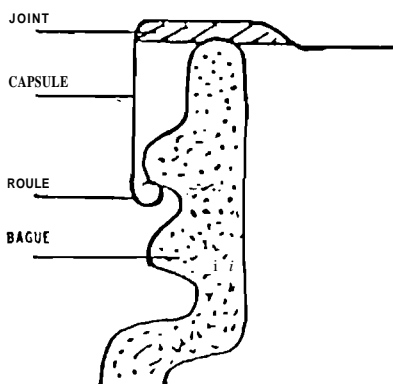


Figure 12 — Bouchage Twist-off (schéma de principe).

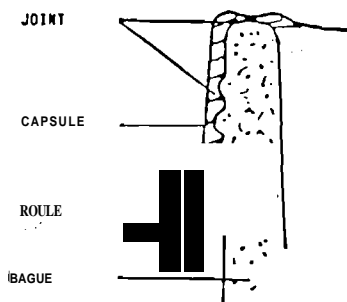


Figure 14 — Bouchage Press-on Turn off (schéma de principe).

de diamètre entre le verre et le métal et la présence du joint réalise l'étanchéité. Ce type d'emballage doit être stérilisé sous contre-pression tout comme pour le type twist-off.

Contrairement à ce dernier, la capsule pry-off ne peut pas être réutilisée. Pour l'ouverture, il faut s'aider d'un levier sous la capsule en prenant un point d'appui sur l'épaule du pot dont la forme est appropriée.

Bouchage Press-on, turn-off : PT (Figure 14)

C'est un mariage entre le système Pry-off et Twist-off. L'étanchéité est à la fois horizontale et latérale par un joint plastifié centrifugé sur toute la surface de la capsule. Bouché sous vide, l'emballage doit être stérilisé sous contre-pression.

Bouchage Omnia/Pano

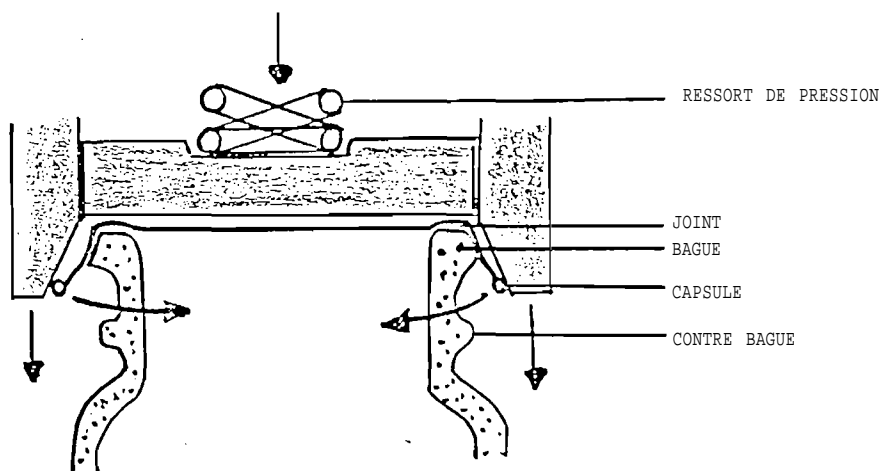
Surtout utilisé pour les gobelets, cette capsule dont l'étanchéité est horizontale tient grâce au vide interne car son accrochage mécanique est faible. Son ouverture est facile.

Les boîtes métalliques

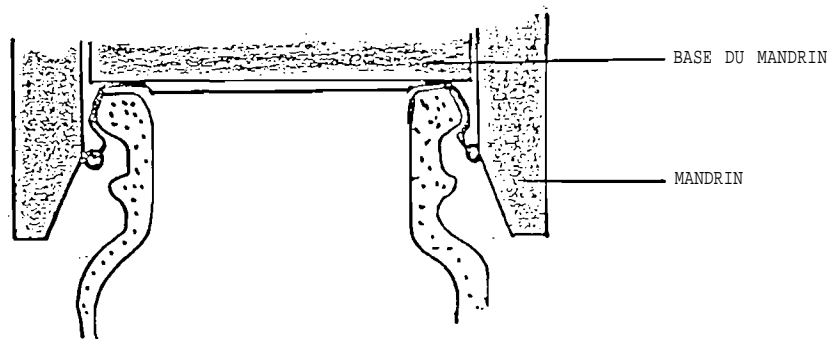
Les boîtes métalliques, fer blanc ou aluminium, représentent encore la grande majorité des récipients utilisés dans l'industrie de la conserve de poissons, malgré le développement du verre et de l'emballage souple.

Les boîtes en fer blanc

Le fer blanc est constitué par une mince feuille d'acier doux, revêtu sur ses deux faces d'une couche d'étain soit par électrolyse, soit par immersion dans un bain d'étain en fusion (technique pratiquement abandonnée).



1 - Pression



2 - Accrochage

Figure 15 — Schéma de principe de l'accrochage mécanique de la capsule Eurocap.
1) Pression; 2) Accrochage. Document Cardon (6).

L'acier utilisé peut être plus ou moins résistante la corrosion. On distingue :

- le type L employé pour la fabrication de boîtes destinées à des produits agressifs,
- le type MR destiné aux produits moins agressifs,
- le type MC utilisé pour les produits peu ou pas agressifs.

La fabrication du fer blanc passe par plusieurs stades :

- le laminage, qui consiste en deux temps, à produire des feuilles dont l'épaisseur varie de 0,49 à 0,15 mm et dont l'aspect de la surface varie selon le traitement (meulage, grenailage) (9);

	Twist-off	Eurocap	Pry-off	Presson/turn-off
Références schémas	1 et 1 bis	2 et 2 bis	3	4
Métal	Fer-blanc verni intérieur	Fer-blanc verni intérieur	Fer-blanc verni intérieur	Fer-blanc verni intérieur
Joint d'étanchéité Nature Emplacement	Joint coulé : composition spéciale autorisée Contact avec le buvant du pot	Joint coulé : composition spéciale autorisée Contact avec le buvant du pot	Anneau en caoutchouc synthétique serti Contact avec la partie de la bague	Joint coulé : composition spéciale autorisée Contact avec le buvant et toute la la partie verticale de la bague
Principe de l'étanchéité	Dépression interne renforcée par accrochage sur crans	Application du joint par fixation mécanique de la capsule (renforcée par dépression interne)	Dépression interne exclusivement	Dépression interne renforcée par la très grande surface de contact verre-joint
Fermeture	Rotative sous injection de vapeur obligatoire	Verticale par sertissage Injection de vapeur recommandée	Verticale par enfoncement sous injection de de vapeur obligatoire	Verticale par enfoncement sous injection de
Résistance à la pression interne	Nulle	Non négligeable	Nulle	Nulle
Stérilisation et refroidissement	Région de surpression obligatoire	Régime de surpression hautement souhaitable	Régime de surpression obligatoire	Régime de surpression obligatoire
Ouverture	Par dévissage	Par levage à l'aide d'un outil	Par levage à l'aide d'un outil	Par dévissage grâce à l'impression des rampes dans le joint
Aspect après fermeture	Doit présenter dès fermeture et après stérilisation une concavité, indice de dépression interne	Doit présenter dès fermeture et après stérilisation une concavité, ou tout au moins une bonne planéité	Doit présenter dès fermeture et après stérilisation une concavité, indice de dépression interne	Doit présenter dès fermeture et après stérilisation une concavité, indice de dépression interne

Tableau 13 — Fermetures courantes pour pots industriels (Stérilisables). Caractéristiques générales, types les plus courants, utilisés en conserveries (9).

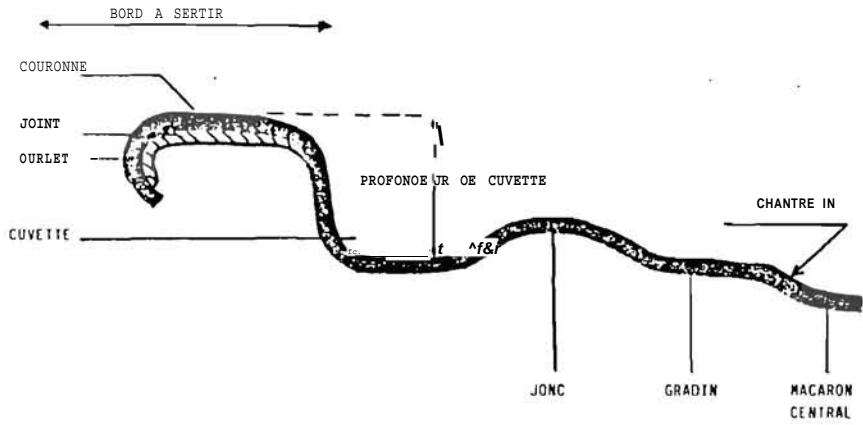


Figure 15 — Terminologie d'un fond de botte (8).

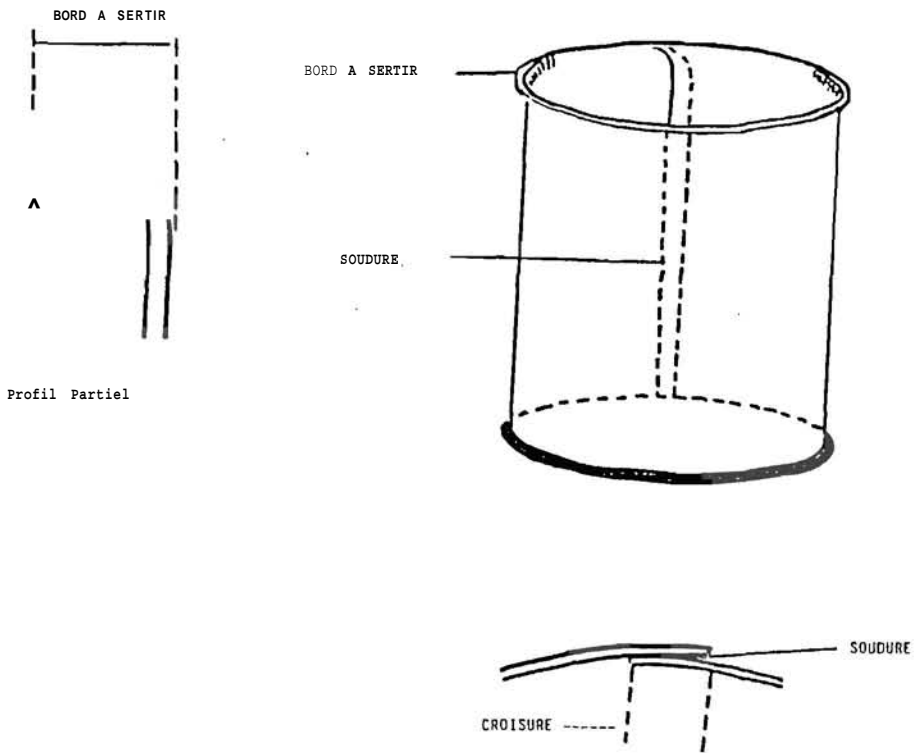


Figure 16 — Terminologie d'un corps de boîte à montage à plat (10).

- l'étamage, le fer blanc étamé par voie electrolytique doit être conforme aux normes de la Communauté Economique du Charbon et de l'Acier. Son taux d'étamage s'exprime en g/m^2 par le double de la masse réelle d'étain présente sur la face considérée;

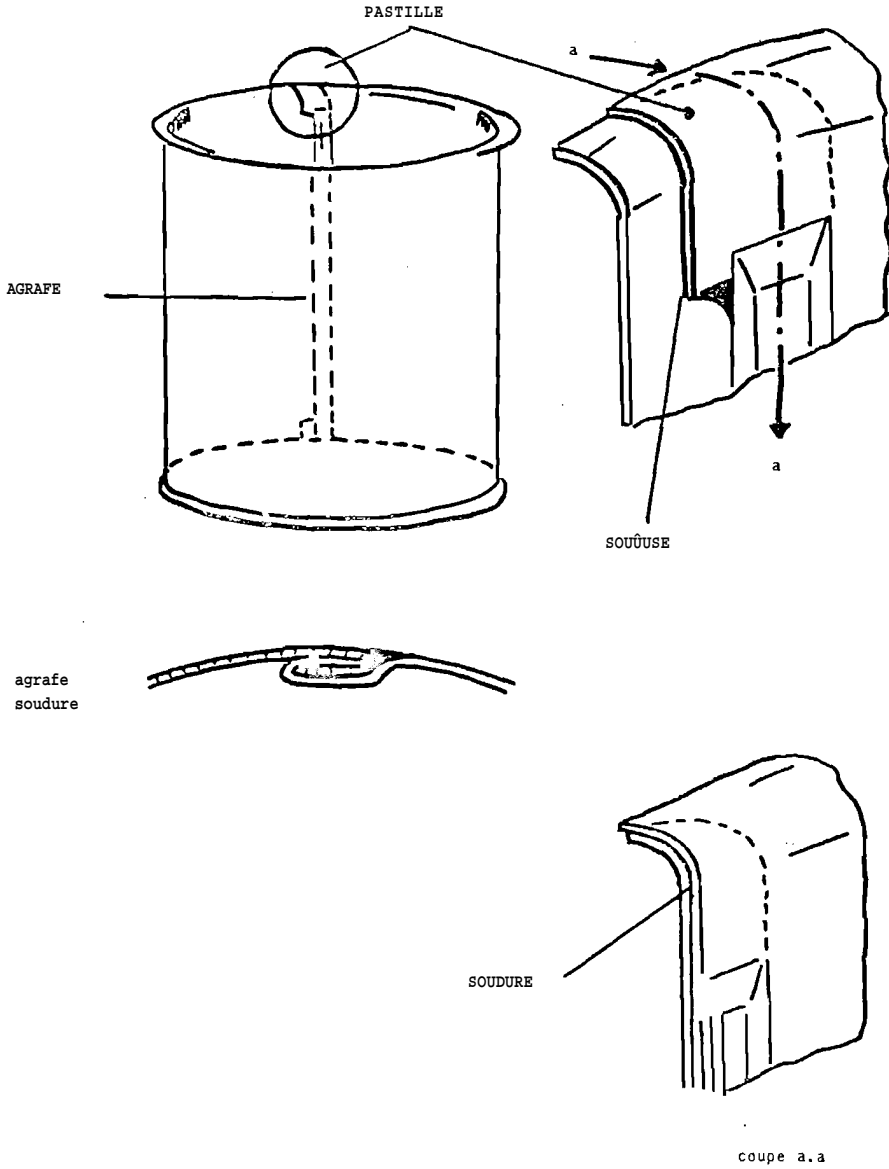


Figure 17 — Terminologie d'un corps de boîte à montage agrafé (10).

- une passivation par passage de la feuille dans une succession de bains électro-chimiques. Ceci a pour conséquence de recouvrir la surface du fer blanc d'un film protecteur dont les constituants s'opposent à la corrosion et à la sulfuration au cours de la stérilisation et du stockage;
- une lubrification qui donne une protection supplémentaire et diminue les risques d'abrasion du fer blanc lorsqu'il est transporté à l'état de feuilles empilées;
- un vernissage (facultatif).

Les vernis utilisés dans l'industrie de la conserve assurent la protection du métal, donc du produit. Ils doivent présenter une innocuité pour le consommateur, une inertie chimique vis-à-vis du contenu et du contenant et une parfaite adhérence au métal.

Les différentes classes de vernis utilisés sont :

- les vernis, oléorésineux (huiles silicatées + résine) qui supportent les hautes températures et les produits acides mais ne conviennent pas pour les produits gras;
- les vernis époxy-phénoliques : ils résultent de l'association des vernis phénoliques (bonne résistance chimique mais coûteux) et des vernis époxy. Ces vernis conviennent à la plupart des produits alimentaires en raison de leur résistance thermique et chimique et de leur parfaite adhérence;
- les vernis et organosols vinyliques : les vernis vinyliques ont une mauvaise résistance à la chaleur, en combinaison avec les vernis phénoliques, ils deviennent thermorésistants.

Dans le cas de produits agressifs (marinades), on remédie à un désétamage rapide par l'utilisation de boîte en fer blanc de type K. La structure cristalline de l'alliage existant entre l'étain et le fer étant beaucoup plus serrée, elle protège mieux ce dernier de la corrosion. Ce type de fer blanc peut ne pas être verni.

Les boîtes en fer blanc les plus employées sont de deux ou trois pièces. Dans les boîtes 3 pièces, on différencie les fonds et le corps de boîte (8). La terminologie relative aux corps de boîtes, aux fonds et aux sertis est résumée dans les figures 15, 16 et 17 suivantes.

Les bords du corps de boîte sont réunis soit par un agrafage suivi d'un soudage, soit par soudage à plat. Ensuite, les extrémités du type ainsi obtenu sont bordées. Sur une de celles-ci, on sertit le fond dit « fond de fabrication ».

Le sertissage se décompose en trois phases (Figure 18) ;

- une phase de compression qui réunit intimement le fond et le corps de boîte par une pression verticale;
- une phase dite de première passe qui consiste à enrayer le bord à sertir du fond autour du bord à sertir du corps;
- une phase de seconde passe qui écrase progressivement le roulé obtenu lors de la première passe.

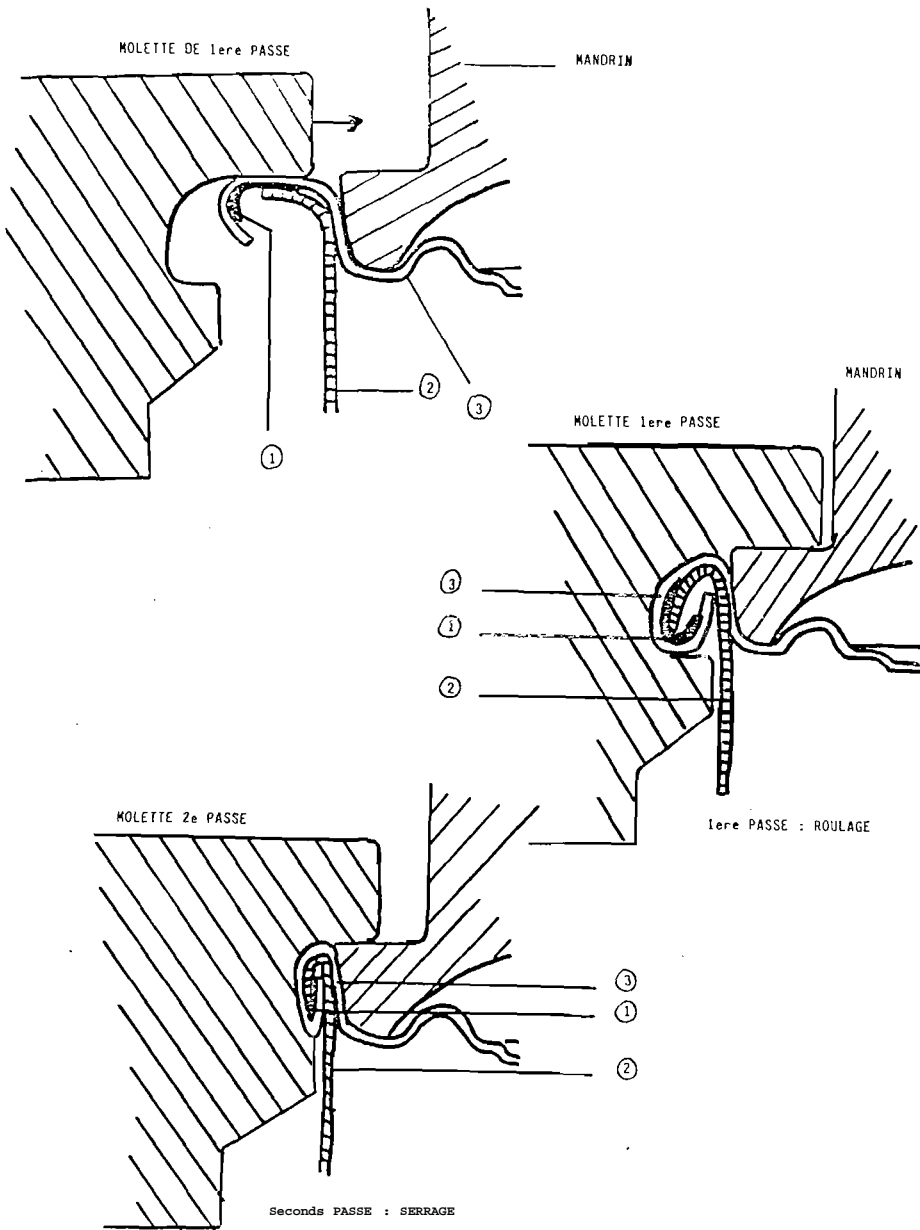


Figure 18 — Sertissage en 3 phases : compression-roulage-serrage (10).

L'étanchéité du serti est assurée par un joint à base de caoutchouc synthétique coulé dans la cuvette périphérique du fond. Ce joint doit être capable de supporter une stérilisation (Figure 19).

EPAISSEUR DU SERTI

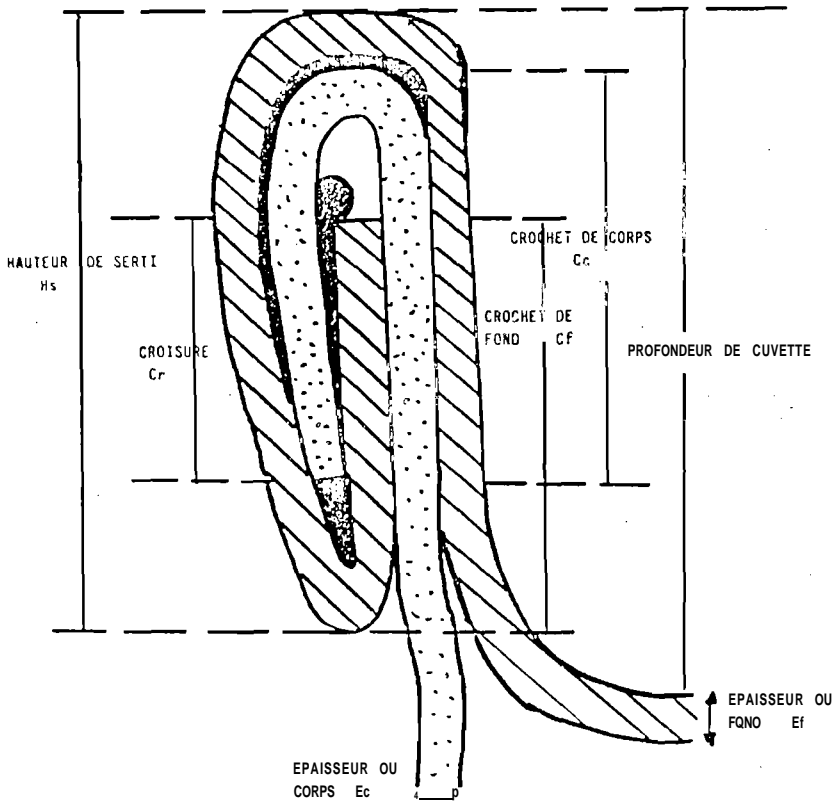


Figure 19 a — Terminologie relative au serti (10).

Depuis une vingtaine d'années, la technique de l'agrafe contresoudée pour fabriquer le corps de boîte est concurrencée par la soudure électrique sous impulsion. L'avantage de la soudure électrique est d'assurer une continuité dans le métal entre les bords du corps de boîte à réunir, ainsi qu'une épaisseur minimale au niveau de l'assemblage qui entraîne la disparition du « saut de molette » bien connu des sertisseurs.

Un avantage non négligeable du soudage électrique est l'absence de tout risque de rouilles plombifères à l'intérieur des boîtes.

Une autre technique qui permet également d'éviter le recours à la soudure plomb-étain est la fabrication par emboutissage. Les boîtes de forme basse (rapport hauteur/diamètre inférieur à 0,6) sont obtenues en un emboutissage, à partir de matériaux vernis deux faces, les vernis jouant un rôle de lubrifiant. Les boîtes plus hautes nécessitent deux, voire même trois cycles successifs : elles sont alors dénommées « embouties-réembouties » ou encore DRD de

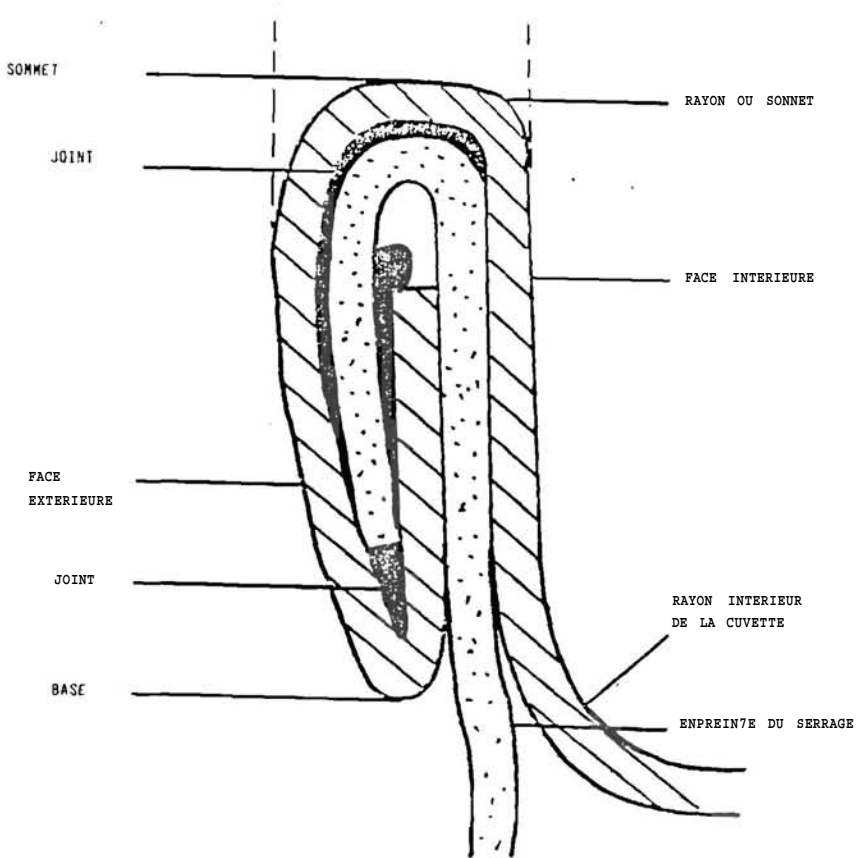


Figure 19 b — Terminologie relative au serti (10) (suite).

l'expression anglaise « Draw and Redraw ». Enfin, bien que non utilisée dans l'industrie de la conserve de poisson, citons pour information la boîte obtenue par emboutissage-étirage, plus particulièrement employée dans le conditionnement des boissons de faible volume (bières, eau, etc.).

Dans le domaine qui est le nôtre, le poisson ou, plus généralement, les produits de la mer, le choix des boîtes utilisées dépend :

- de la nature de l'aliment (pH),
- des choix précédents de l'industriel qui est tributaire du type de boîtes offertes par l'industrie, de leur prix et surtout du matériel dont il dispose pour réaliser son produit fini,
- des vœux et des habitudes du consommateur.

Les aliments sont des produits plus ou moins acides et, comme tout acide, réagiront avec le métal et donneront naissance à de l'hydrogène.

La fermeture est réalisée par soudure dans des machines à cloche. La stérilisation ne pose pas de problème à condition d'admettre une surpression d'environ 500 g pendant toute l'opération. En aucun cas, la pression interne du sachet ne doit être supérieure à la pression interne du stérilisateur. La surpression est évidemment maintenue au cours du refroidissement.

Les matériaux mis en œuvre peuvent supporter, sans aucune modification physique, des températures allant jusqu'à 135°C.

Compte tenu de sa fragilité, ce type d'emballage est commercialisé dans une boîte en carton.

Les principaux avantages des conserves souples sont :

- qualités organoleptiques du produit respectées grâce à des temps très courts de stérilisation,
- facilité d'ouverture du sachet,
- facilité du réchauffage du produit.

La conserve semi-rigide

Elle est composée d'une barquette en aluminium de faible épaisseur et d'un couvercle thermoscelle de même composition ou d'un opercule avec languette de décollage. Ce type de récipients convient tout à fait aux plats cuisinés et nécessite les mêmes précautions de fabrication et de vente que la conserve souple.



Transformation et mise en boîte des sardines (O. Barbaroux/IFREMER)



Transformation et mise en boîte des sardines (0. Barbaroux/IFREMER)

IV. LES STÉRILISATEURS

Normes d'équipement

Stérilisateurs discontinus

Autoclave vertical classique

Stérilisation en vapeur

Stérilisation dans l'eau

Stérilisateur discontinu statique horizontal

Vapeur + air

Vapeur + air + eau

Stérilisateur discontinu rotatif horizontal

Stérilisateurs continus

Stérilisateur continu vertical

Stérilisateur rotatif horizontal

Simulateur de stérilisation

Un barème de stérilisation n'est valable que pour un type d'autoclave bien déterminé. A la limite, et par purisme, un barème de stérilisation est nominatif : il appartient à un autoclave ou un stérilisateur et à un seul. Les **stérilisateurs** sont des appareils de conception plus récente que les **autoclaves**, munis de régulation de chauffage et de pression et possédant des automatismes qui offrent plus de sécurité dans la conduite des opérations.

Normes d'équipement

En France, tout autoclave doit satisfaire aux normes du Bureau des Mines et avoir été approuvé par un agent agréé (décret du 2 avril 1926). Il doit être muni réglementairement :

- *d'une ou deux soupapes de sécurité* selon que sa capacité n'atteint pas ou atteint 1 000 litres;
- *d'un manomètre gradué en bars*, celui-ci doit être raccordé à l'autoclave par un tube en cuivre le plus court possible pour éviter des pertes de charge;
- *d'un robinet de purge de section* approprié aux dimensions de l'autoclave. Sur les autoclaves verticaux, un robinet de ce type placé sur le couvercle suffit; sur les autoclaves horizontaux, au moins deux robinets placés aux deux extrémités de la partie supérieure de l'appareil sont nécessaires. Ces robinets purgeurs doivent rester constamment ouverts pendant toute la durée de la stérilisation, de façon à permettre l'élimination continue des petites quantités d'air amenées par la vapeur ou se dégageant de l'eau, et à entretenir, dans le cas des autoclaves à vapeur, une circulation de vapeur assurant une température homogène en tous les points de l'autoclave. Lorsque la purge est parfaite, il y a concordance entre les indications à température du thermomètre à mercure et du thermomanomètre;
- *d'un thermomètre enregistreur* (décision n°16 du 12 janvier 1943 du Comité d'Organisation de l'Industrie de la Conserve, maintenue par arrêté interministériel du 26 octobre 1946) ajusté par référence au thermomètre à mercure. Celui-ci (non impératif aux yeux de la législation actuelle) doit être en verre, gradué de degré en degré (échelle de 60-80°C à 130-140°C), les graduations étant espacées l'une de l'autre d'environ 3 mm. L'utilisation du thermomanomètre comme référence est à proscrire car l'indication de température donnée par le manomètre n'est exacte qu'à condition que la vapeur à l'intérieur de l'autoclave soit rigoureusement exempte d'air. Si l'autoclave a été mal purgé ou si de l'air est amené par la vapeur, les valeurs lues seront fausses.

Les bulbes du thermomètre à mercure, de l'enregistreur et, le cas échéant, du régulateur de chauffage, doivent être placés de telle sorte

qu'une circulation continue de vapeur ou d'eau chaude soit assurée autour d'eux pendant toute la durée de la stérilisation.

Pour les industriels qui exportent leurs produits aux Etats-Unis, les réglementations de la Food and Drug Administration (FDA) imposent au moins un thermomètre à mercure en verre par autoclave, subdivisé de 1/2°C en 1/2°C et ayant une distance de 3,3 mm par degré centigrade soit 18 cm pour un thermomètre d'autoclave qui couvre des températures de 75 à 130°C.

Ces thermomètres doivent être étalonnés une fois par an par un organisme agréé.

Outre cet équipement imposé par la législation, l'autoclave devrait toujours compter :

- un dispositif de régulation de chauffage permettant de maintenir la température à + - 0,5°C de la valeur prévue;
- un dispositif de régulation de la pression dans l'autoclave;

Fonctionnement	Maniement	Implantation	Milieu chauffant	Type
DISCONTINU	Statique	verticale	eau vapeur	autoclave autoclave
		horizontale	vapeur vapeur + air vapeur + air + eau	autoclave LAGARDE STERIFLOW
	Rotatif	horizontale	eau vapeur + air	ROTOMAT LAGARDE
CONTINU	Statique	verticale	Vapeur vapeur + air Vapeur	CARVALLO STERILMATIC
			Rotatif	horizontale

Tableau 15 — Liste non exhaustive des types d'autoclaves et de stérilisateurs utilisés dans l'industrie (12).

— un indicateur de durée avec avertissement sonore et lumineux ainsi qu'une horloge bien lisible placée en vue de l'opérateur.

Divers types de stérilisateurs à fonctionnement discontinu ou continu ont été mis au point et sont présents sur le marché. Le tableau 15 donne une classification grossière des types de stérilisateurs proposés aux industriels.

Les unités de transformation des produits de la mer demeurent en France de petites entreprises. Celles-ci travaillent souvent avec du matériel, ayant certes fait ses preuves, mais du matériel de conception ancienne qui nécessite une main-d'œuvre importante. Malgré les perfectionnements dûs aux nouvelles possibilités de régulation, adaptables aux autoclaves classiques, le responsable du fonctionnement de l'autoclave doit porter une attention rigoureuse à la bonne application des conditions de température et de temps retenues.

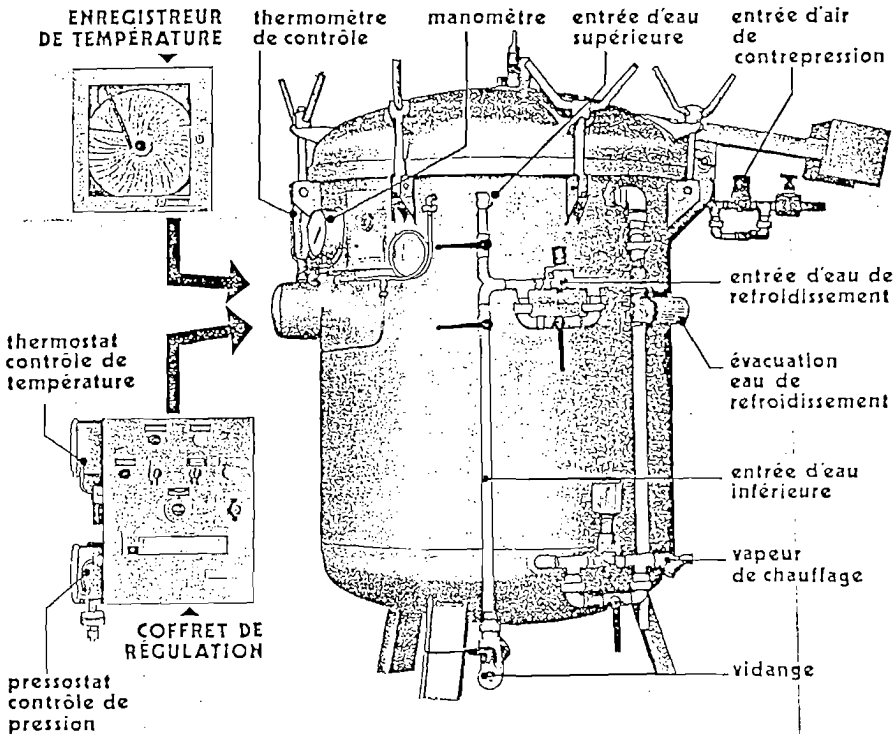


Figure 20 — Autoclave discontinu statique vertical modèle 400 4/4 avec régulation du temps, de la température et refroidissement automatique sous contrepression d'air (doc. Auriol).

Stérilisateurs discontinus

Les produits à stériliser sont disposés dans des paniers cylindriques introduits dans l'enceinte de stérilisation par des portes ou couvercles que l'on ouvre et que l'on ferme, d'où la notion de discontinuité. La dénomination statique implique que les récipients demeurent immobiles lors de la stérilisation.

Un autoclave vertical classique possède un fond fixe et est fermé à l'aide d'un couvercle (Figure 20). Le chargement est effectué par le haut à l'aide d'un palan.

Un autoclave horizontal s'ouvre à l'une des extrémités ou aux deux, suivant les types. Le chargement se fait à l'aide de chariots roulants sur des rails (Figure 21).

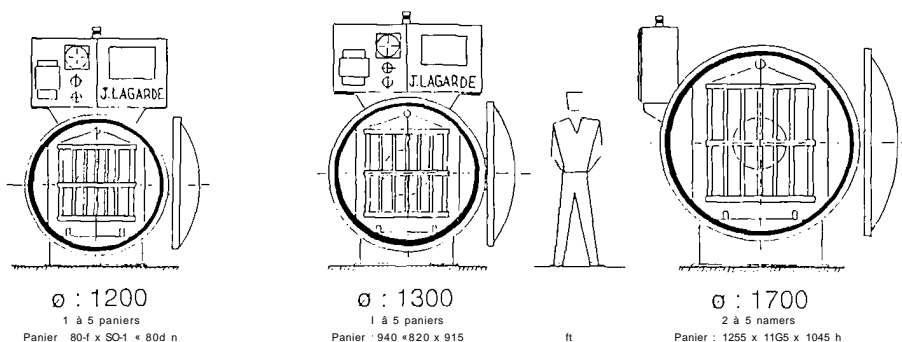


Figure 21 — Autoclave discontinu statique horizontal Lagarde (doc. Lagarde).

Autoclave vertical classique

Dans ce type d'appareil, le vecteur chauffant peut être :

- la vapeur qui est produite dans une chaudière et distribuée sous une pression d'une dizaine de bars;
- l'eau qui est directement chauffée soit au moyen d'une flamme (autoclave à gaz), soit par injection directe de vapeur dans l'eau (autoclave à vapeur).

La stérilisation dans un autoclave statique comporte trois étapes :

- a) montée en température et en pression (mise en régime);
- b) maintien des paramètres température et durée (palier);
- c) refroidissement et détente.

Suivant le type de produit à stériliser, il est préférable de faire un choix entre l'eau et la vapeur comme fluide chauffant. Chaque technique a ses avantages et ses inconvénients. La vapeur permet une mise en régime plus rapide; par contre, on préférera l'eau pour les récipients sensibles aux chocs thermiques supérieurs à 60°C (bocaux et verrines).

Stérilisation en vapeur

- Mise en régime et palier :

Introduire la vapeur en utilisant le By-pass pour accélérer la montée en température. A l'approche de la température désirée de palier, fermer le By-pass et ouvrir la vanne de régulation. Purger l'autoclave au moins 8 minutes à partir d'une température égale à 105°C. L'indication de température du thermomanomètre doit correspondre à celle du thermomètre à mercure.

Maintenir deux petites purges ouvertes pendant toute l'opération, l'une à la partie haute de l'autoclave, l'autre à la partie basse de la poche thermométrique.

Introduire de la vapeur sèche (faire une installation de traitement automatique de vapeur si nécessaire). L'accumulation d'eau dans le fond de l'autoclave peut recouvrir les récipients inférieurs et, de ce fait, le milieu chauffant devient hétérogène : les bocaux inférieurs sont dans ce cas stérilisés à une température plus faible, d'où risque d'accident.

Décompter la durée de stérilisation à partir du moment où la température de stérilisation est atteinte dans l'autoclave.

Contrôler soigneusement la durée et la température au moyen du thermomètre à mercure et des enregistrements. Le thermomanomètre sera utilisé uniquement comme manomètre (mesure de la pression). Chaque enregistrement comportera la date et le numéro du lot stérilisé.

- Refroidissement-détente

Tout type d'emballage peut être refroidi avec contre-pression. Dans certains cas (gros boîtage), cela est nécessaire. Les boîtes métalliques de petite taille (inférieur à 1/1) peuvent supporter un refroidissement sans contre-pression. Dans ce cas, couper le chauffage et ouvrir progressivement le robinet principal de purge (minimum 15 mn). Après l'ouverture de l'autoclave, poursuivre le refroidissement par aspersion d'eau.

Stérilisation dans l'eau

- Mise en régime et palier

Procéder à un préchauffage de l'eau de l'autoclave pour atteindre environ 80°C.

Introduire les paniers de bocaux à stériliser de telle sorte que le niveau d'eau dépasse de 10 à 15 cm la dernière couche.

Les couches de bocaux ont été préalablement rangées en intercalant entre elles des plaques perforées qui ne s'opposeront pas au passage de

l'eau. D'une couche à la couche supérieure, les bords seront décalés les uns par rapport aux autres, toujours par souci de permettre une meilleure circulation du fluide chauffant. Cette épaisseur de 10 à 15 cm est une zone tampon qui permettra d'éviter les chocs thermiques lors du refroidissement à l'eau froide. En effet, l'adduction d'eau froide se fait par le haut et non par le bas. Par ses propriétés physiques, l'eau chaude a tendance à monter : l'eau froide est plus « lourde » que l'eau chaude. En introduisant l'eau froide par le haut, celle-ci tombe vers le bas, se réchauffe, ce qui homogénéise le milieu. Par contre, l'admission par le bas donne naissance à une couche d'eau froide progressant en nappe vers le haut, telle que sous le choc thermique, les bords peuvent se casser.

Fermeture de l'autoclave : ici, la purge n'est pas indispensable puisque le bulbe du thermomètre à mercure se trouve dans l'eau.

S'il s'agit d'un chauffage vapeur, ouvrir l'admission au moyen du Bypass, puis à l'approche de la température de palier le refermer et ouvrir la vanne de régulation.

Ouverture de l'air comprimé pour la contre-pression : Depuis peu de temps, certains constructeurs d'autoclave (Fulgence-Laumont par exemple) proposent sur les appareils statiques verticaux une pompe qui homogénéise le vecteur chauffant (eau). Le gain en montée en température est d'environ 15 minutes dans un 400 4/4. La pompe étant piquée en-dessous de la poche thermométrique, on lit sur le thermomètre à mercure la température réelle du centre de l'autoclave.

- *Refroidissement*

Fermer l'admission de vapeur.

Ouvrir l'eau froide.

Poursuivre le refroidissement avec contre-pression jusqu'à ce que la température interne des récipients soit de 80 à 90°C (eau à environ 40°C).

Fermer l'arrivée d'air.

Décompresser l'autoclave.

Dans les deux cas de figure, l'étape 2 (palier) exige le strict respect du barème de stérilisation, ce qui suppose une régulation convenable de la température, une mesure correcte du temps et une régulation de la surpression s'il y a lieu.

Les deux autres étapes présentent certaines difficultés et admettent diverses variantes. En effet, les opérations doivent être conduites de telle sorte que la différence entre la pression dans les récipients (boîtes, bords, sachets ou autres) contenant le produit, et la pression à l'extérieur des récipients, ne dépasse jamais un certain seuil, faute de quoi leur étanchéité et leur résistance mécanique seraient compromises.

Au départ — exception faite dans le cas où les récipients auraient été fermés sous vide ou sous jet de vapeur — la pression atmosphérique règne aussi bien dans le récipient qu'à l'extérieur.

Ensuite, dès que la vapeur est admise dans l'autoclave, la pression à l'extérieur des récipients s'élève plus vite qu'à l'intérieur de ceux-ci. Dans l'autoclave, elle demeure constamment sous le contrôle de l'opérateur. Dans les récipients, elle varie en fonction de nombreux facteurs dont il n'est pas toujours facile de tenir compte.

En simplifiant beaucoup, on peut dire que, la plupart du temps, les récipients sont « en retard » par rapport à l'autoclave. Au cours des étapes 1 et 2, le « retard » n'est généralement pas grand, ni grave de conséquences. Une légère surpression dans l'autoclave est même recherchée, voire indispensable, pour maintenir en place les couvercles des bouches fermés sous jet de vapeur ou pour empêcher l'éclatement des sachets. Au cours de l'étape 3 (refroidissement-détente), le «retard», si l'on n'y prend pas garde, peut avoir au contraire des conséquences fâcheuses. A la fin de l'étape 2, les récipients et leur contenu sont en effet à peu près à la même température que l'autoclave. Il règne donc dans les récipients une tension de vapeur correspondant à cette température, en équilibre avec la pression dans l'autoclave. Cet équilibre est bien quelque peu déplacé du fait de l'intervention de divers facteurs :

- dilatation thermique du produit lui-même et des gaz qu'il peut contenir, ce qui accroît la pression dans le récipient au-delà de la tension de vapeur d'eau;
- déformation réversible de certains récipients qui leur permet d'augmenter temporairement de volume sous l'influence de la pression intérieure et abaisse d'autant celle-ci.

Si, à la fin de l'étape 2, pour amorcer la détente de l'autoclave (étape 3), on arrête l'arrivée de vapeur et ouvre en grand le robinet principal de purge, la pression de vapeur dans l'autoclave s'abaisse brusquement : la pression dans les récipients risque de dépasser alors leur seuil de résistance et de provoquer divers accidents : fuites et formation de « becquets » (boîtes métalliques), décapsulage (bouches), éclatement (sachets).

Ces inconvénients se produisent d'autant plus facilement que le récipient est plus grand et que la température de stérilisation est plus élevée. Il ne faut donc pas accroître la résistance du récipient à la pression intérieure, ni effectuer la stérilisation à une température plus basse, mais conserver un certain équilibre entre la pression dans les récipients et à l'extérieur de ceux-ci. La pression extérieure doit être réduite progressivement, au fur et à mesure que baisse la température des récipients et de leur contenu.

La solution la plus simple consiste à effectuer une détente très lente de l'autoclave, de façon à permettre un refroidissement au moins partiel des récipients. Ensuite, on les sort de l'autoclave et on termine le refroidissement soit à l'air, soit dans l'eau ou sous des douches d'eau. Mais c'est une méthode lente, aléatoire, peu recommandable. Elle est à proscrire pour les bouches.

Il est préférable de refroidir les récipients, au moins partiellement, dans l'autoclave lui-même, en maintenant dans celui-ci une certaine pression qui équilibre la pression dans les récipients. Ce processus de refroidissement sous pression est réalisé en introduisant de l'eau froide dans l'autoclave, en même temps que l'on maintient la pression au moyen d'air comprimé. Il est toutefois conduit de manière différente suivant qu'il s'agit de boîtes métalliques, de bocaux en verre ou de récipients en matière plastique tels que les sachets souples.

A propos de la contre-pression lors de la phase de refroidissement, plusieurs cas de figure peuvent être proposés : contre-pression à air, à vapeur ou contre-pression à eau.

a) *dans le cas de la contre-pression à vapeur*, seul est envisagé le schéma de refroidissement par le haut, en effet le refroidissement par le bas lors d'une stérilisation à eau, présente quatre inconvénients : risque de choc thermique important, hétérogénéité de chauffage de la couche supérieure, hétérogénéité de refroidissement et difficulté de maintien de la pression désirée.

b) *lorsque l'on effectue un refroidissement par le haut*, la contre-pression vapeur peut se pratiquer par un apport de vapeur à la partie supérieure qui permet de maintenir la pression choisie pendant les deux premières phases. Au refroidissement, l'arrivée brutale d'eau à la partie supérieure provoque une condensation immédiate de la vapeur et donc une chute brutale de la pression avant que les pots eux-mêmes soient refroidis par une circulation suffisante. Cette technique délicate est donc à mettre en œuvre et il est plus facile d'utiliser la contre-pression à air comprimé.

c) *la troisième possibilité est la contre-pression à eau*. Là aussi, il est conseillé de faire très attention. Premièrement, il faut munir l'appareil d'un régulateur en sortie d'eau de façon à contrebalancer les chutes éventuelles de pression de l'alimentation en eau. Deuxièmement, lorsque l'on utilise un autoclave avec un seul panier, alors qu'il peut en contenir deux, il est indispensable de le remplir jusqu'en haut. En effet, si l'autoclave est à moitié rempli, avec la couche tampon de 10 à 20 cm au-dessus de la dernière rangée de pots, l'arrivée d'eau froide aura pour effet de faire baisser trop rapidement la pression interne de l'autoclave, d'où les risques déjà cités.

En conclusion, sur l'utilisation d'un autoclave statique vertical, retenons que l'étape 1 doit être la plus rapide possible, que l'étape 2 doit respecter scrupuleusement les paramètres temps et température préalablement choisis et que l'étape 3 doit être l'objet d'une attention toute particulière. Mal conduite, elle peut donner lieu à des déformations irréversibles, causes d'accidents.

Le refroidissement des trois types de conditionnement commercialisés de nos jours doit donc respecter la marche suivante :

- dans **le cas de boîtes métalliques**, généralement stérilisées en autoclave à vapeur, l'eau froide est introduite par le bas de l'autoclave et le refroidissement sous pression est poursuivi jusqu'à ce que la température interne atteigne 80-90°C, c'est-à-dire lorsque leur pression intérieure ne risque plus de les soumettre à des efforts excessifs. L'autoclave peut alors être détendu à la pression atmosphérique et le refroidissement des boîtes poursuivi jusqu'à ce que la température moyenne du contenu des récipients soit descendue à environ 40°C. Cela évite de laisser longtemps le produit à des températures favorables au développement des bactéries thermophiles tout en permettant aux boîtes de sécher spontanément avant qu'elles soient manipulées, transportées ou mises en carton. L'humidité à leur surface, à proximité des serts,, peut véhiculer en effet des contaminations microbiennes. Une surpression dans l'autoclave ne doit pas être maintenue jusqu'au bout du refroidissement, les boîtes froides risquant de s'écraser.
- dans **le cas des bocaux**, stérilisés en autoclave à eau, l'eau froide est introduite de préférence dans la partie supérieure de l'autoclave dans une couche d'eau recouvrant les bocaux, afin d'éviter les chocs thermiques. La pression d'air comprimé est maintenue jusqu'à ce que la température moyenne des bocaux atteigne environ 40°C, les risques d'écrasement n'existant pas avec ce type de récipient. La surpression concourt à la parfaite étanchéité des fermetures jusqu'à la fin du refroidissement.

Malgré tout, une surpression trop importante peut détériorer de façon irréversible le joint de la capsule et conduire à une recontamination microbienne par manque d'étanchéité.

- dans **le cas des récipients en matière plastique**, la résistance aux contraintes mécaniques et thermiques est plus faible, notamment au niveau des soudures, qu'avec les autres types de récipients; il est par conséquent indispensable de maintenir constamment la pression externe à une valeur supérieure à celle de la pression interne, ce que l'on obtient de préférence en effectuant la stérilisation dans des autoclaves « à eau » et en y insufflant de l'air.

Le mode opératoire varie selon l'équipement dont on dispose et selon la nature et la dimension des récipients; il n'est par conséquent pas possible de formuler des instructions qui s'appliquent à tous les cas.

Stérilisateur discontinu statique horizontal

Dans le cas d'un stérilisateur discontinu statique horizontal, le fluide chauffant peut être de l'eau, de la vapeur, un mélange (vapeur + eau) et enfin un mélange (eau + vapeur + air).

Vapeur + air : Exemple Production Lagarde (Figures 22, 23 et 24).

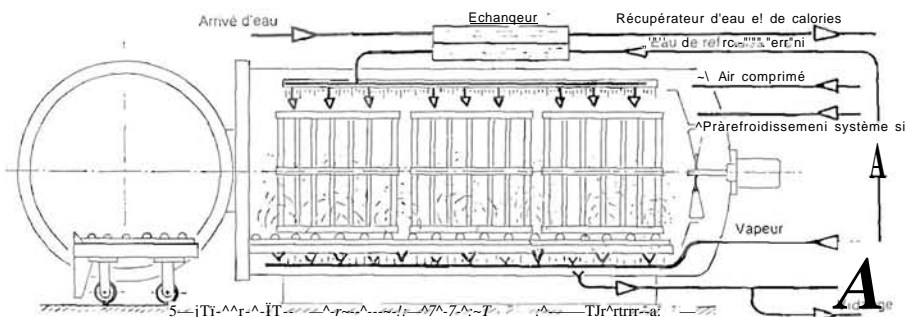
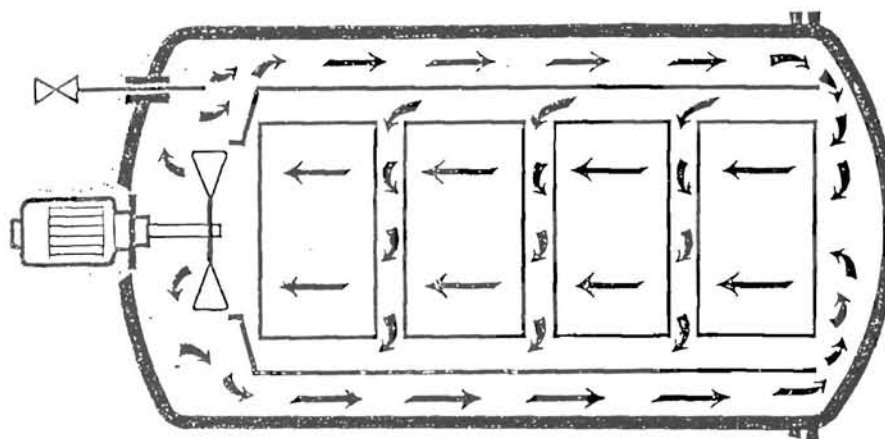
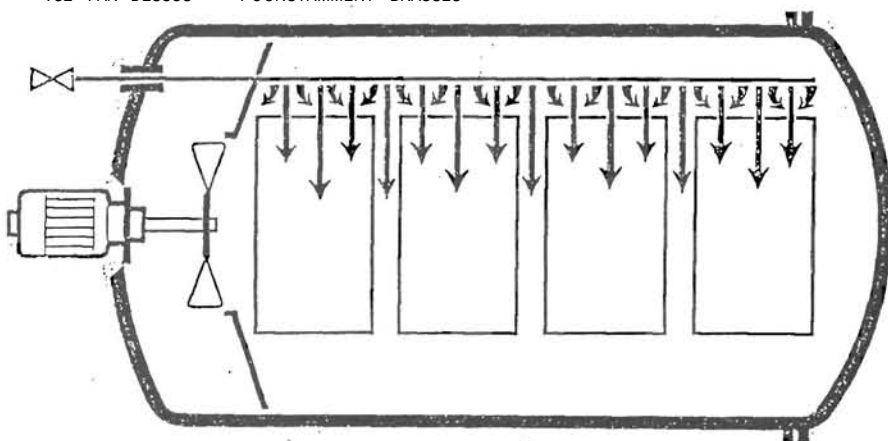


Figure 22 — Principe de fonctionnement d'un stérilisateur discontinu statique horizontal Lagarde. Vecteur chauffant : vapeur + air (doc. Lagarde).



STERILISATION
VUE PAR DESSUS

STERILISATION PAR VAPEUR ET AIR COMPRIME
"CONSTAMMENT" BRASSES



REFROIDISSEMENT
VU EN'ELEVATION

REFROIDISSEMENT PAR "BROUILLARD" D'EAU
"PULVERISEE ET RUISSELLEMENT"

Figure 23 a — Représentation schématique du fonctionnement du stérilisateur statique discontinu horizontal Lagarde (doc. Lagarde).

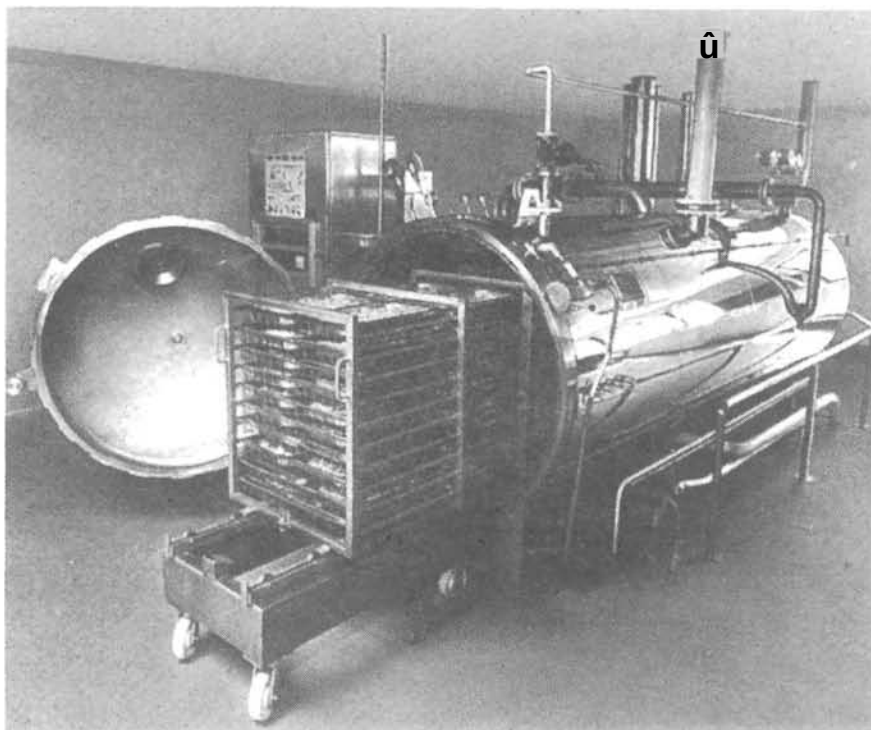


Figure 23 b — Production Lagarde (CPS statique).

L'autoclave, terminé par deux fonds bombés dont l'un sert de porte, est doublé intérieurement d'une chemise en acier inoxydable. L'avantage de ce principe réside dans l'utilisation d'un mélange air-vapeur, homogénéisé par un brassage énergique au moyen d'un ventilateur intérieur. Ceci permet une montée et une descente rapides de la température ambiante et évite la formation de poches d'air préjudiciables aux transferts thermiques. La vitesse de passage du mélange vapeur-air augmente le coefficient d'échange de chaleur et diminue d'autant le temps de montée en température au sein du produit à stériliser.

La condensation de la vapeur ambiante et son remplacement par de l'air offrent la possibilité de descendre brutalement la température ambiante. Ceci autorise un affichage initial de température d'environ 10 à 20°C supérieur à la température de palier. Lorsque la température au centre du produit alimentaire approche de la valeur recherchée, il suffit de refroidir rapidement à la température désirée (Figure 24). Le refroidissement est obtenu par ruissellement et par un brouillard d'eau pulvérisée.

Quelle que soit la température, la pression est déterminée pour éviter l'écrasement ou le gonflement des conditionnements. Ces stérilisateur

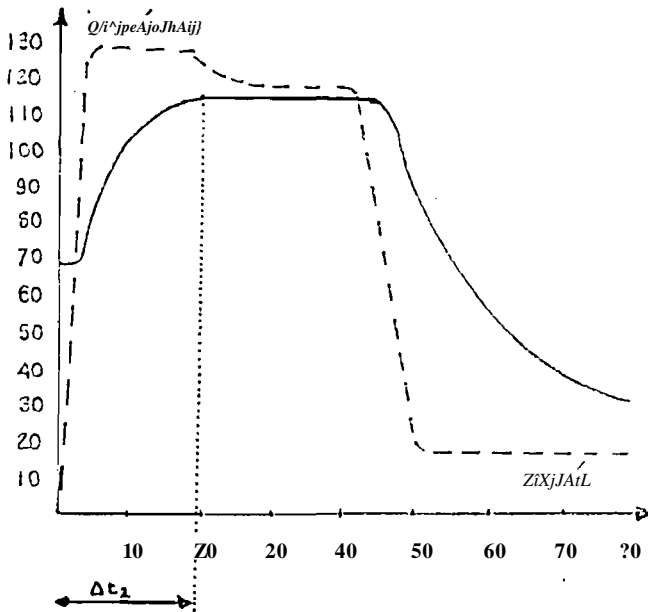
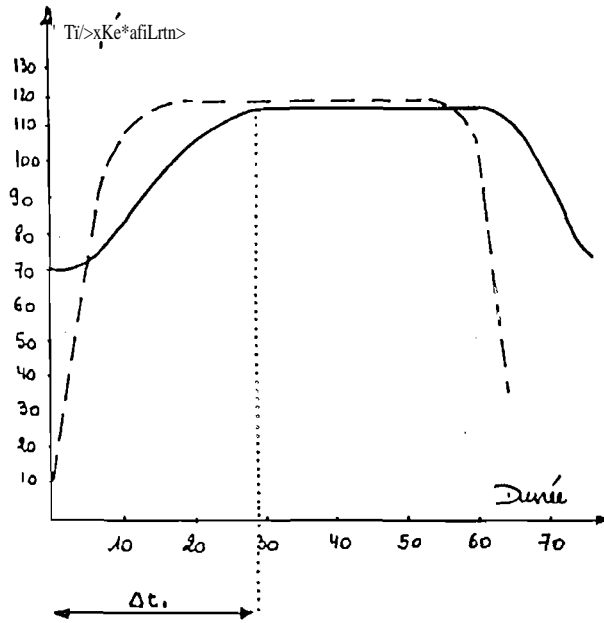


Figure 24 — Différence de délais de montée en température à cœur (At 1 — àt2) lors de l'utilisation du système Lagarde.

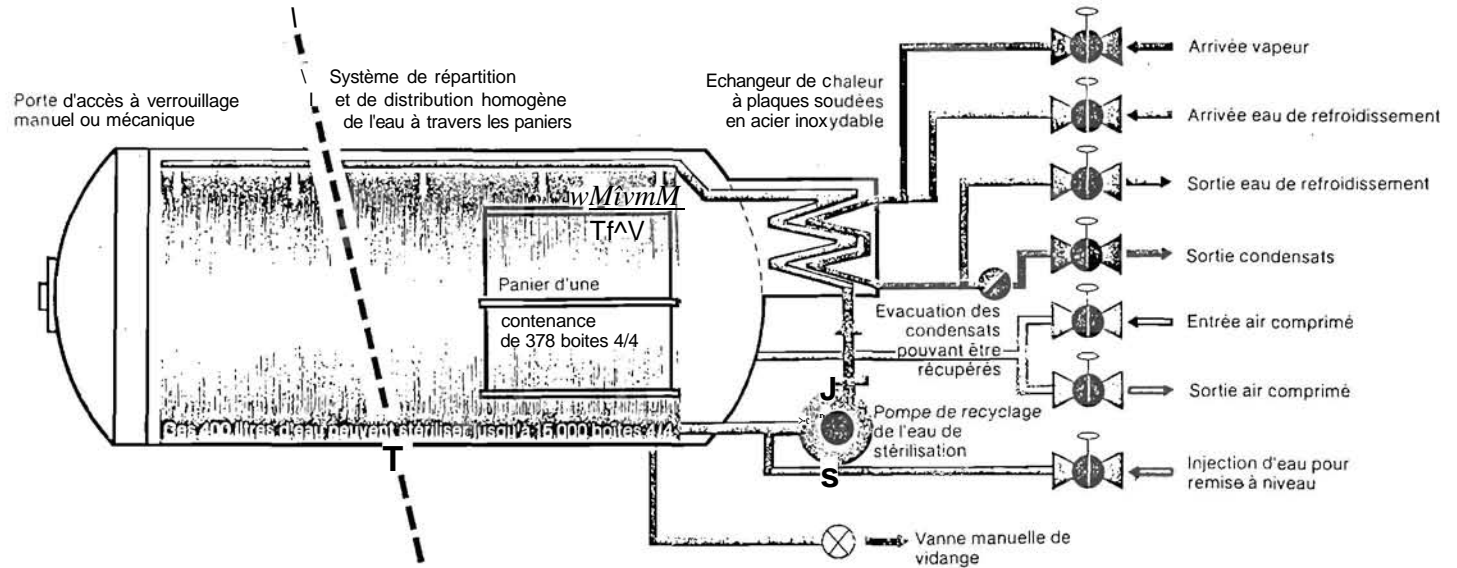


Figure 25 - PTM /pe de fonctionnement d'un stérilisateur discontinu statique horizontal Sterillow. Vecteur chauffant : ruissellement d'eau surchauffée + air sous pression. (Documentation Barriquand).

sont particulièrement indiqués pour les stérilisations qui exigent des surpressions importantes, par exemple pour la stérilisation des bocaux, des sachets souples ou des barquettes en complexe aluminium-plastique.

Vapeur + air + eau : Exemple Production Steriflow (Figure 25)

Cet appareil propose une stérilisation à ruissellement d'eau chaude recyclée toutes les 9 secondes avec un débit de 160m³/heure. Quel que soit le nombre de paniers, le ruissellement est le même en tous les points de l'appareil. L'eau enveloppe toutes les boîtes, ce qui supprime la possibilité de point froid. L'eau est recyclée par une pompe de circulation, traverse un échangeur de température pour atteindre la température désirée. L'ouverture de la vanne de chauffage est commandée en fonction de la carte : programme de température. La pression est réglée indépendamment de celle-ci par injection ou échappement d'air comprimé de l'enceinte suivant la courbe de pression programmée.

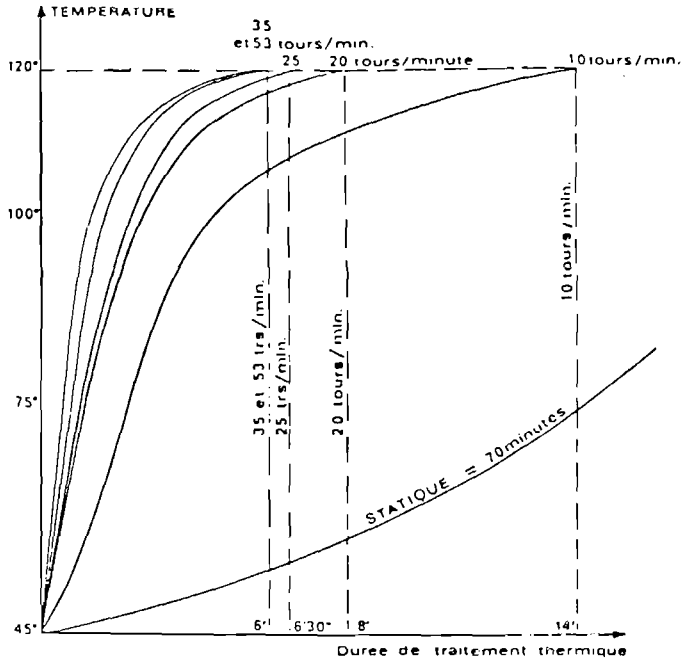


Figure 26 — Influence de la vitesse de rotation sur la vitesse de pénétration de la chaleur jusqu'au cœur d'une boîte 1/1 contenant des haricots sauce tomate.
 Durée de traitement thermique (température de chauffage 125°C) pour atteindre 120°C à cœur.
 Vitesse de rotation : 10, 20, 25, 35 et 53 tours/minute.
 La courbe en régime statique dont la durée de traitement thermique est de 70 minutes sort du cadre du diagramme (13).

Le refroidissement est effectué à l'eau. Cette eau se trouve entièrement séparée de l'eau de stérilisation et sa circulation dans l'échangeur est réglée automatiquement en fonction de la courbe de refroidissement programmée. Le débit variable de l'eau de refroidissement n'influence pas l'homogénéité ni le coefficient de transfert à la surface des emballages car le volant d'eau au contact des boîtes circule toujours avec le même débit. La pression est réglée exactement comme pendant la période de chauffage. Dans le cas des bocaux, l'échangeur supprime tout risque de chocs thermiques particulièrement nuisibles.

En fin de cycle de refroidissement, la pompe de circulation s'arrête, le volant d'eau est stocké à la base, l'enceinte est mise à pression atmosphérique et la carte programme revient automatiquement en position de départ.

Comme indiqué ci-dessus, l'industrie de transformation des produits de la mer regroupe en France surtout des petites ou moyennes entreprises, le plus souvent à caractère familial. Ces ateliers ou usines, créés pour une partie au lendemain de la guerre 1939-1945, travaillent presque exclusivement avec des autoclaves ou stérilisateur statiques discontinus.

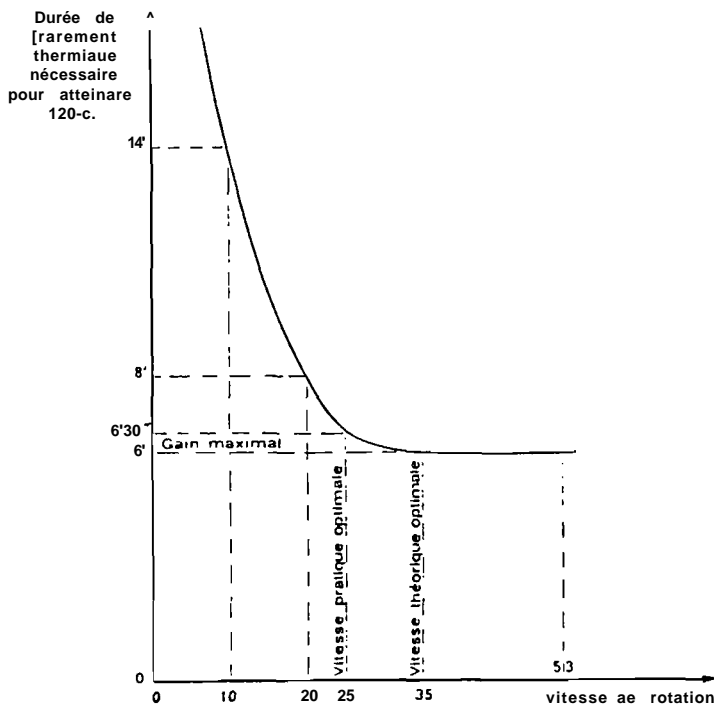


Figure 27 — Vitesse de pénétration de la chaleur dans une boîte 1/1 contenant des haricots sauce tomate en fonction de la vitesse de rotation (13).

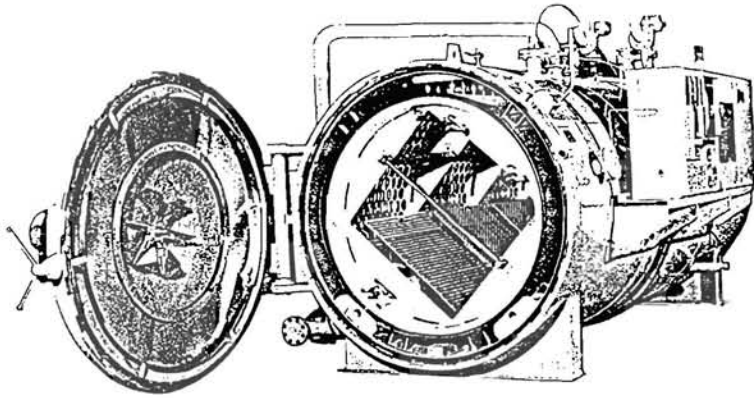


Figure 28 a — Stérilisateur discontinu horizontal rotatif à circulation forcée de vapeur.
Lagarde (doc. Lagarde).

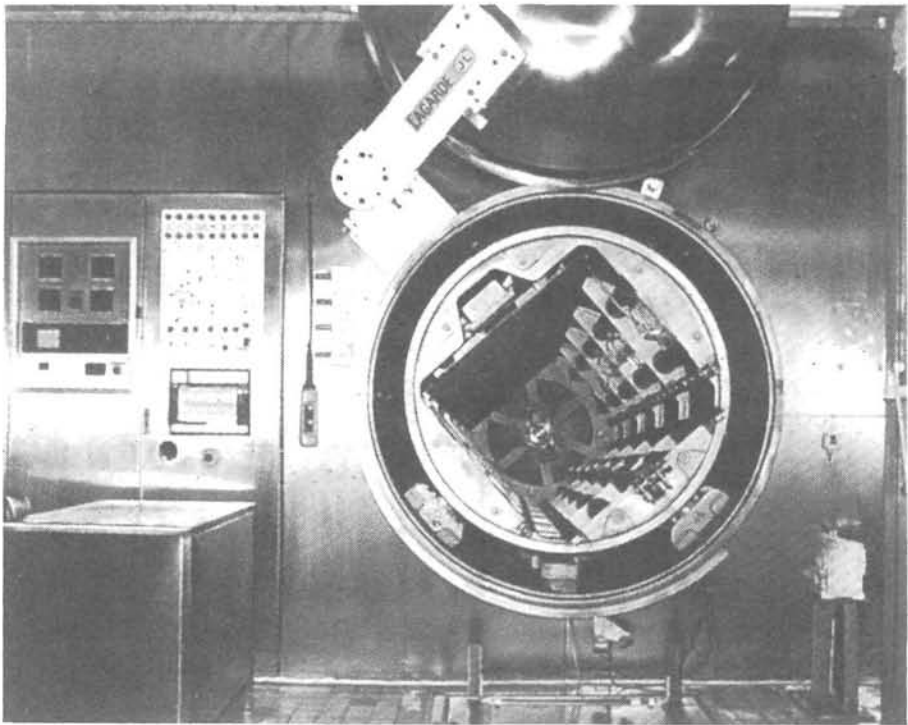


Figure 28 b — Stérilisateur statique discontinu horizontal (production Lagarde).

Stérilisateur discontinu rotatif horizontal

La rotation a pour but essentiel de créer une turbulence suffisante du produit enfermé dans l'emballage. Cette turbulence porte rapidement à cœur de la boîte des calories qui, en régime statique, s'accumulent dans la partie périphérique et causent ainsi dans cette zone des surcuissons.

Des séries d'expériences (13) concernant la détermination de la vitesse optimale de rotation montrent qu'au-delà d'une certaine vitesse de rotation, la durée du traitement thermique se stabilise. Les figures 26 et 27 qui représentent les différentes courbes de montée en température au cœur d'une boîte 1/1 contenant des haricots à la sauce tomate sont très explicites.

Dans le cas des stérilisateur rotatifs discontinus, le fluide chauffant peut être :

- vapeur + air : exemple Production Lagarde (Figure 28);
- eau, eau + vapeur, vapeur : exemple Production Rotomat (Figure 29).

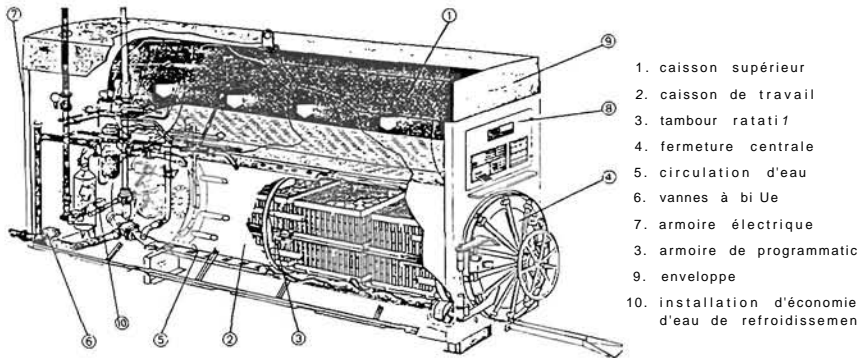


Figure 29 — Stérilisateur discontinu horizontal rotatif type Rotomat (doc. Stock).

Les stérilisateur à eau sous pression, préchauffée dans un caisson au-dessus de l'enceinte de stérilisation, permettent une stérilisation « HTST » (High Température, Short Time), ce qui signifie que les produits sont soumis à une haute température pendant un temps court. Cette méthode demande une montée rapide et une répartition rapide de la température. Pour la montée rapide, on utilise donc de l'eau préchauffée. Pour faciliter les transferts de chaleur et en homogénéiser la répartition, les paniers sont soumis à une rotation axiale qui induit une rotation des récipients. Afin d'éviter tout phénomène de post-cuisson excessive due aux températures utilisées, de l'eau froide sous pression est admise en fin de stérilisation dans le caisson inférieur. Cette eau froide repousse l'eau chaude dans le caisson supérieur.

Il existe aussi des appareils rotatifs à vapeur d'eau ou à air chaud. Beaucoup plus maniable que l'air chaud, la vapeur d'eau établit dans une enceinte close une température beaucoup plus homogène. Les échanges thermiques se traduisent par une condensation de vapeur à la surface des récipients à stériliser.

Stérilisateurs continus

La stérilisation en continu consiste à effectuer en régime permanent l'introduction d'objets identiques ou similaires dans une enceinte stérilisante, à les y laisser pendant un temps de palier déterminé en fonction de la valeur stérilisatrice recherchée, puis à les évacuer en les ramenant plus ou moins rapidement aux conditions normales.

Une installation de stérilisation en continu permet :

- d'éviter toute attente entre la chaîne de production et la stérilisation : attente favorable à une prolifération bactérienne, mais aussi attente qui conduit à *une* baisse de la température (T_i) initiale de stérilisation. Cette diminution de T_i conduit, comme nous l'avons vu précédemment, à une augmentation de la durée du barème de stérilisation;
- d'obtenir une identité de traitement pour tous les éléments à stériliser, de garantir un cycle régulier et facilement contrôlable;
- de diminuer les manutentions ainsi que les risques d'incidents au niveau des sertis lors des chocs inévitables au remplissage des paniers.

Les stérilisateurs continus peuvent être statiques ou rotatifs. Les statiques sont verticaux et utilisent comme vecteur chauffant la vapeur ou un mélange : vapeur + air; les rotatifs, horizontaux, utilisent la vapeur, un mélange : vapeur + air, de l'eau ou simplement la flamme.

Stérilisateur continu vertical

A titre d'exemple, le stérilisateur de marque CARVALLO utilise comme fluide chauffant de la vapeur ou un mélange ; vapeur + air (Figure 30).

Le principe de la stérilisation sous pression hydrostatique est le suivant. L'enceinte de vapeur dans laquelle s'effectue la stérilisation est maintenue sous pression par deux colonnes d'eau en U. La température de stérilisation est alors la température de la vapeur saturée à la pression de la chambre. Il faut donc maintenir constante la pression, c'est-à-dire la hauteur des colonnes. Le niveau haut de celles-ci est réglé par débordement et le niveau inférieur par un régulateur à flotteur qui contrôle l'admission de vapeur. Les récipients sont introduits par un convoyeur sans fin et pénètrent par la colonne de préchauffage où ils sont soumis à des pressions et températures progressivement croissantes. Les récipients parcourent la chambre de stérilisation pendant une durée réglée par la vitesse de circulation, compte tenu du barème de stérilisation à appliquer.

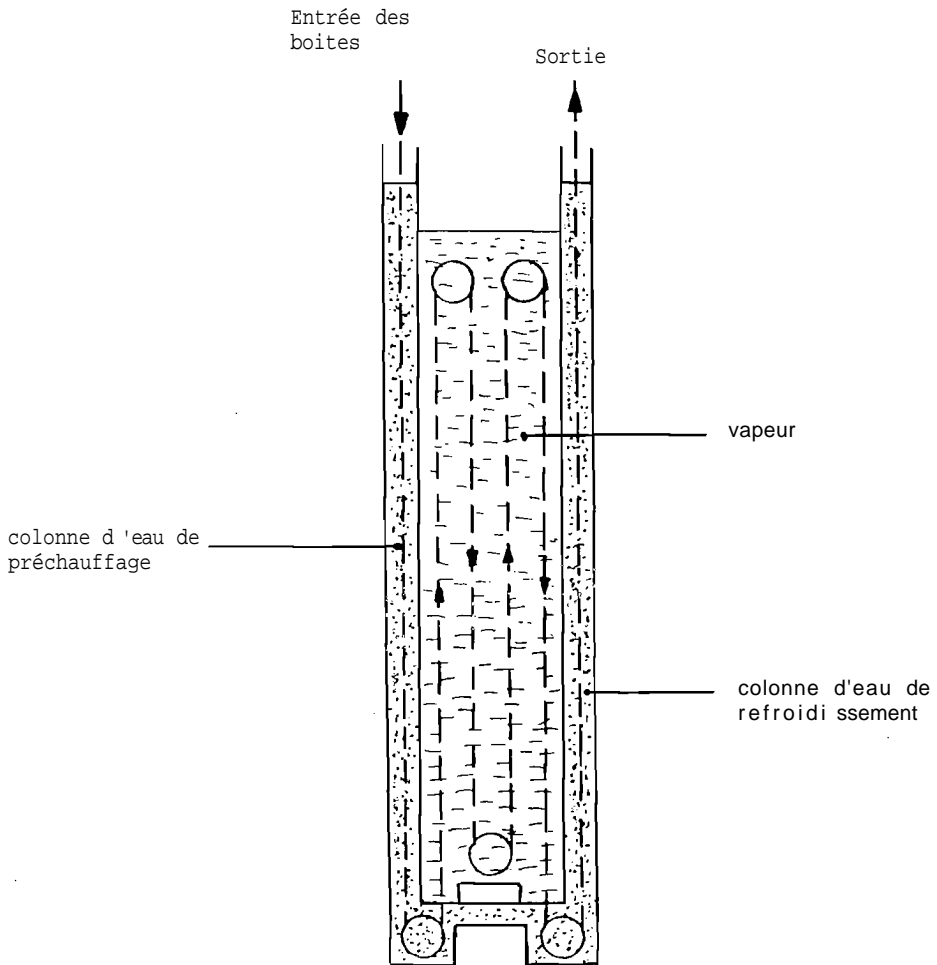


Figure 30 — Stérilisateur continu vertical à pression hydrostatique, type Carvallo (doc. Manurhin).

Après stérilisation, les récipients sont évacués par la colonne de refroidissement où ils sont soumis à des pressions et des températures progressivement décroissantes.

L'avantage de ce type d'appareil est de permettre une immuabilité de la durée du cycle, en jouant sur la vitesse de cheminement, mais aussi de la température, en changeant l'ouverture de débordement. Par ailleurs, des régulateurs thermiques classiques règlent le débit d'eau froide ou de vapeur de réchauffage des colonnes, ajustant exactement ces débits aux besoins.

Cependant, si l'encombrement au sol est faible, l'infrastructure verticale de ces appareils est importante. Ce sont des tours ou des puits qui atteignent

10 mètres pour une stérilisation à 120°C et 23 mètres pour 130°C. En puits, le chargement se trouve à la partie supérieure et en tour à la partie inférieure ou à mi-hauteur.

Ces hauteurs peuvent être réduites de moitié environ si l'on intercale entre deux colonnes d'eau une colonne contenant de l'air sous pression. Ces appareils moins imposants et encombrants sont qualifiés de stérilisateurs sous pression pneumo-hydrostatique.

Stérilisateur rotatif horizontal

L'intérêt du système rotatif a déjà été discuté précédemment lors de l'étude du stérilisateur discontinu type ROTOMAT ou LAGARDE. A ces avantages, viennent s'ajouter l'identité de traitement et la vitesse apportés par la continuité des opérations. La plupart du temps, la rotation sera axiale, qu'il s'agisse d'un avancement hélicoïdal ou rectiligne. Les vecteurs chauds peuvent être nombreux; tels la vapeur ou un mélange : vapeur + air pur l'HYDROLOCK (Figure 31), l'eau pour l'HYDROFLOW ou la flamme pour le STERIFLAMME.

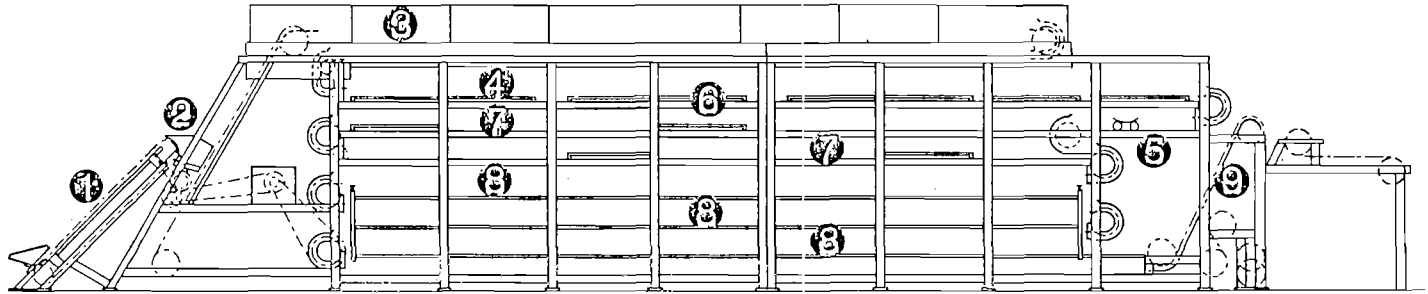
STERIFLAMME

Le « **Stériflamme** » est un stérilisateur à flammes nues (propane) fonctionnant à la pression atmosphérique, donc théoriquement sans limite de température, si ce n'est celle de la résistance des emballages aux pressions internes. Il s'agit d'un appareil simple à avancement rectiligne dont la mécanique se borne à un transporteur qui pousse les boîtes rondes sur des chemins de roulement garnis de brûleurs pour la montée en température, puis de pulvérisateurs à eau pour le refroidissement. La capacité, fonction du linéaire modulable, atteint 150 boîtes/minute pour une longueur de 10 mètres. Cette technique est uniquement applicable aux emballages résistants à la flamme et aux surpressions internes. Le principe de fonctionnement est donné par la figure 31.

HYDROFLOW

Dans l'« **Hydroflow** », le moyen de transport utilisé est l'eau. Les récipients sont véhiculés les uns derrière les autres par un courant d'eau à travers un tube dont le diamètre dépend des dimensions de l'emballage.

Les boîtes sont introduites l'une après l'autre par un sas à boisseau simple, puis parcourent ensuite tout le tube de stérilisation. L'eau chaude servant à la stérilisation est pompée dans un ballon tampon puis réinjectée dans le sens d'entrée à travers un débitmètre qui permet de régler la durée de stérilisation. Ensuite, les boîtes traversent un séparateur à air comprimé et entrent directement dans le tube de refroidissement sous pression. Ce tube contenant l'eau froide et les boîtes se redresse pour former une colonne hydrostatique, en haut de laquelle se trouve un casse-vide dans lequel l'eau froide et les boîtes tièdes sont ramenées à la pression atmosphérique.



- 1 — Chargement automatique des boîtes dans le diviseur d'entrée
- 2 — Répartition des boîtes dans la machine
- 3 — Four vapeur 100°
- 4 — Montée en température
- 5 — Contrôle de la température des boîtes

- 6 — Brûleurs
- 7 — Paliers de stérilisation
- 8 — Refroidissement par aspersion d'eau sur les boîtes
- 9 — Sortie des boîtes de l'appareil vers la remise en ligne

Figure 31 — Stérilisateur continu horizontal à flamme, type Stériflamme (doc. Stériflamme).

L'avantage de ce système est de porter les boîtes à la température de stérilisation dès leur entrée dans le stérilisateur grâce à la réinjection d'eau chaude au niveau du sas. Ceci permet de supprimer le stade de préchauffage, donc implique un gain notable de temps. Dans l'Hydroflow, l'avancement se fait par une rotation axiale.

HYDROBLOC (figure 32)

L'Hydrolock utilise comme fluide chauffant la vapeur ou un mélange vapeur-air. L'appareil est constitué :

- d'une enceinte cylindrique horizontale de stérilisation et de pré-refroidissement sous pression (A);
- d'un boisseau d'étanchéité formé par un *rotor* à aubes qui fonctionne au sein de l'eau (B);
- d'un bac de récupération des fuites d'eau à l'air libre (C);
- d'une double chaîne articulée (D) de transport qui porte les récipients à stériliser et passe successivement dans (A), (B) et (C).

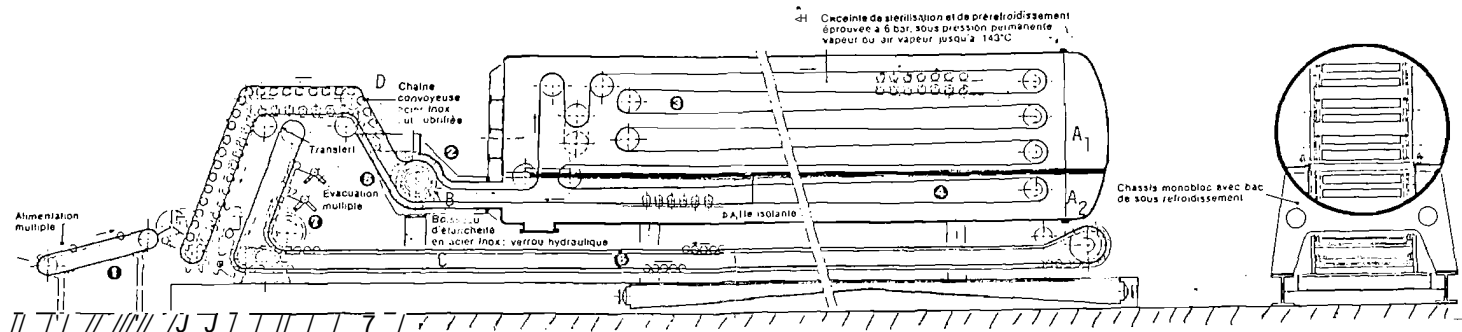
L'enceinte (A) est séparée horizontalement par une dalle isolante en deux zones. La zone supérieure (A1) est réservée à la stérilisation et la zone inférieure (A2) au pré-refroidissement sous eau.

De la vapeur est injectée en permanence dans (A1) pour y maintenir la température et la pression désirées. De même, de l'eau froide est injectée dans (A2) en particulier au niveau du boisseau d'étanchéité pour compenser les fuites inévitables, mais surtout pour assurer l'évacuation des calories échangées lors du pré-refroidissement.

Les containers porte-récipients de la chaîne, conçus pour un format de boîte, entraînent horizontalement celles-ci qui roulent sur elles-mêmes, provoquant ainsi un brassage du contenu. En fonction de la durée de stérilisation, la boîte restera plus ou moins longtemps dans la zone (A1), en faisant varier le nombre de trajets horizontaux superposés en sens inverse.

Dans ce type d'appareil comme dans le précédent, le stade de préchauffage est quasiment nul et la possibilité de surpression permet des stérilisations HTST sans risques majeurs pour les emballages.

Une étude exhaustive sur les différents types de stérilisateurs aurait été fastidieuse et trop longue. La présentation a été limitée à des systèmes différents, susceptibles d'être rencontrés dans l'industrie de la transformation des produits de la mer, en gardant bien à l'esprit que de nos jours les autoclaves et stérilisateurs discontinus demeurent en grosse majorité l'outil de travail de cette industrie, sauf en ce qui concerne quelques rares fabricants de soupe et bisque.



fonctionnement

d'un appareil standard pour boîtes métalliques cylindriques

CO

(^Chargement automatique des récipients (un ou plusieurs formais par niveau selon les cas)
Qiransi! continu de la chaîne porteuse par (e sas rotatif

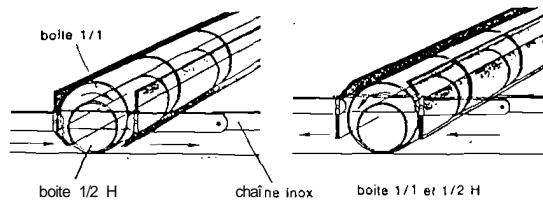
^Circulation continue en zone de stérilisation avec rotation continue des boîtes

Q Pré-refroidissement en équilibre de pression complet avec rotation continue des boîtes

(^Retour à la pression atmosphérique par le sas rotatif

^Refroidissement final à la pression atmosphérique avec rotation continue des boîtes

fQ Déchargement automatique (un ou plusieurs formats par niveau selon le cas)

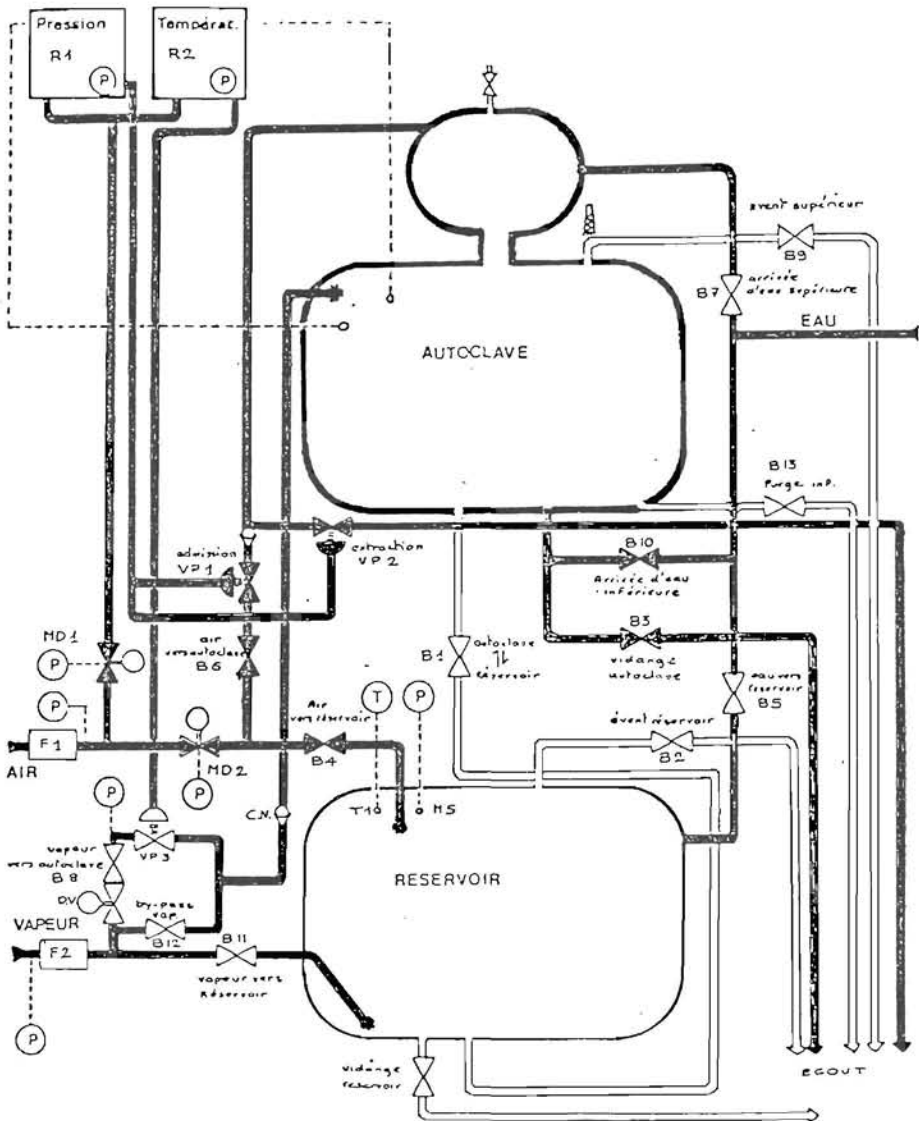


- 1 Principe de l'agitation des boîtes et bouteilles
- 2 Facilité d'accès total en tout point de la machine
- 3 Mécanisme de chargement (boîtes 1/1 et 1/2 H)
- 4 Automatisation locale par régulateur pneumatique de pression et de température. Modification instantanée du cycle par affichage.

Figure 32 — Schéma de l'Hydrolock (doc. « La stérilisation thermique »).

Simulateurs de stérilisation

Il est généralement très difficile d'étudier un barème de stérilisation dans l'industrie sans gêner la fabrication. De nombreuses usines utilisent un petit autoclave à cette fin. Cependant, ces petits appareils ne permettent pas de reproduire les conditions existant sur les gros modèles.



Simulateur HYDROLOCK

SCHEMA DE PRINCIPE

Figure 33 — Simulateur Hydrolock (schéma de principe) (doc. ACB).

Des simulateurs de stérilisation ont été conçus pour reproduire aussi fidèlement que possible les traitements appliqués dans l'industrie. Ils permettent l'étude de nouveaux produits et conditionnements grâce aux possibilités de variations des paramètres de la stérilisation.

L'« Hydrolock » (Figure 33) (Production ACB)(1)

C'est un appareil à pilotage manuel.

L'appareil comporte principalement :

- une enceinte de stérilisation éprouvée à 6 bars pour une température de 143°C en vapeur saturée; à l'intérieur de cette enceinte, se trouve un plateau tournant muni de tiges filetées amovibles permettant d'y fixer des boîtes de tous formats. Ce plateau est monté sur un axe creux comportant un presse étoupe à son extrémité destiné à assurer l'étanchéité au passage des sondes thermo-électriques. Un moto-réducteur à variateur entraîne le plateau en rotation à une vitesse variable de façon continue si on désire une agitation;
- un réservoir d'eau avec système de réchauffage à la vapeur et une arrivée d'air de chasse;
- un tableau de commande regroupant manomètres et manothermomètres, la robinetterie de commande, le régulateur pneumatique de pression à l'intérieur de l'enceinte ainsi que celui de la température.

Il est possible d'effectuer des stérilisations par :

- vapeur saturante,
- vapeur + air mélangés par un ventilateur,
- eau surchauffée avec ou sans surpression d'air.

Le refroidissement se fait par aspersion d'eau froide avec contre-pression d'air ou à l'eau chaude, tiède, avec ou sans pression d'air.

La capacité de l'appareil est de 51 boîtes 4/4 en rotation axiale et 24 boîtes en rotation « tête bêche ».

Le « Stéripilote » (Figure 34) (Production ACB)

La commande est assurée automatiquement par un programmeur à micro-processeur.

On retrouve les conditions de fonctionnement et les possibilités de l'Hydrolock, avec en plus un programmeur à micro-processeur permettant de reproduire des successions de paliers ou des courbes d'évolution de température et de pression.

La température de l'eau recyclée en permanence est régulée par le passage à travers un échangeur, aussi bien au réchauffage (admission de vapeur) qu'au refroidissement (eau froide).

La pression dans les deux enceintes est régulée par admission ou extraction d'air ou de mélange air-vapeur.

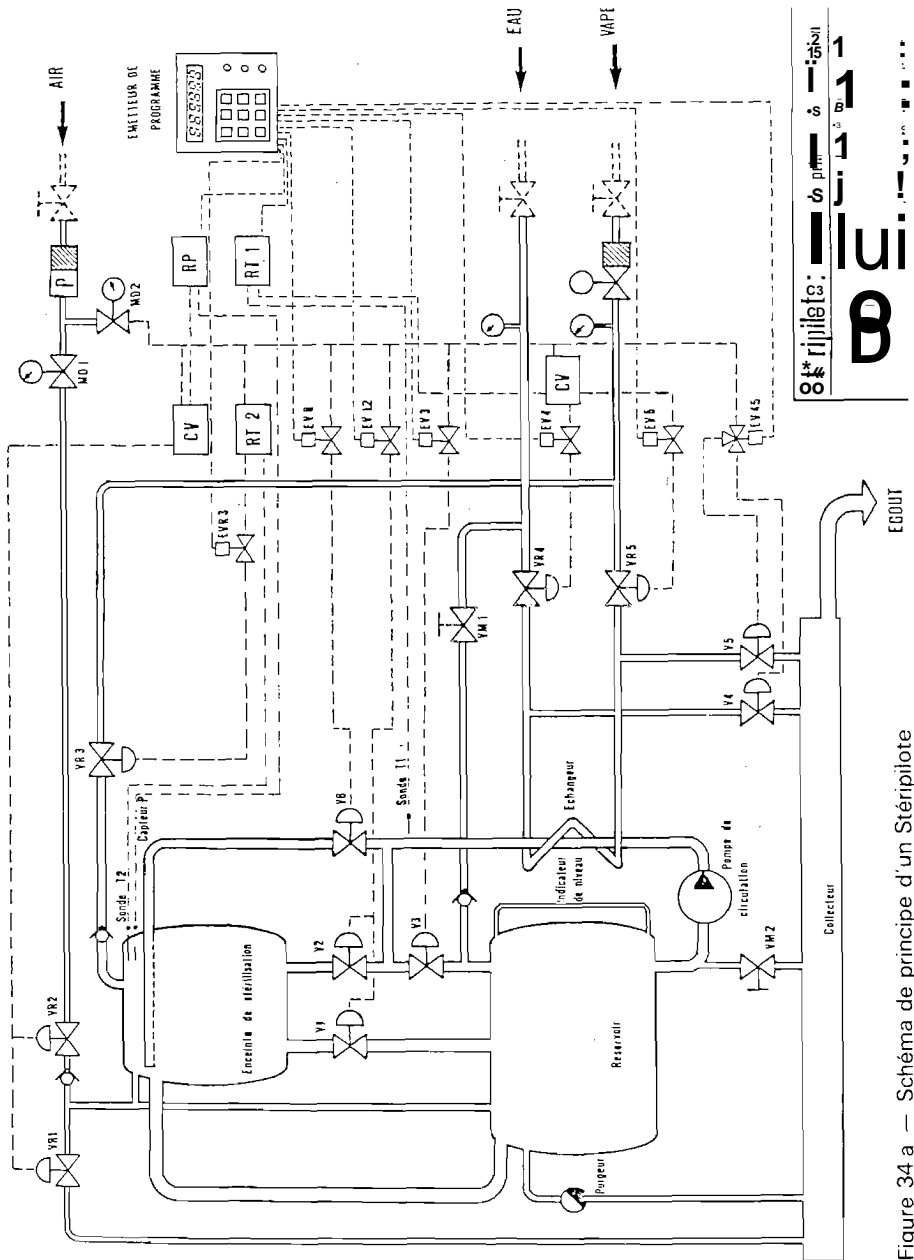


Figure 34 a — Schéma de principe d'un Stérilpilote

Ces appareils sont particulièrement conçus pour reproduire les conditions rencontrées dans les stérilisateurs rotatifs Stérilmatic et Hydrostatique (Hydrolux). Ils peuvent également servir pour simuler un autoclave ordinaire.

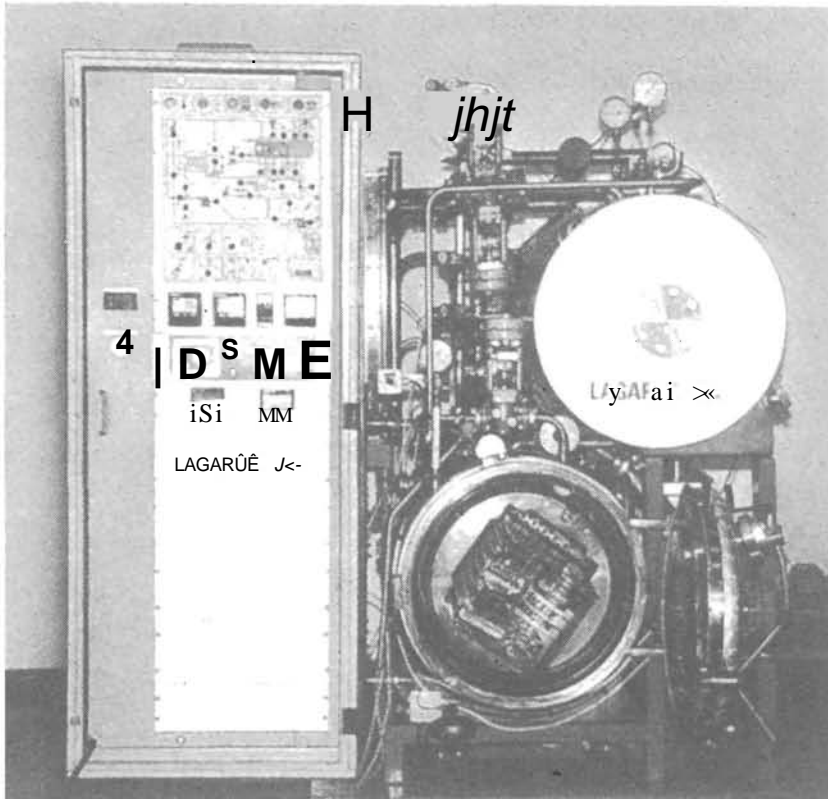


Figure 34 b — Simulateur recherche : production Lagarde.

Caractéristiques du FMC 610

Capacité : 55 boîtes de diamètre 108 mm

Profondeur du corps de chargement : 800 mm

Caractéristiques du FMC 804

Capacité : 8 boîtes de diamètre 54 mm

3 boîtes de diamètre 157 mm.

(1) ACB : Ateliers et Chantiers de Bretagne.

V. BARÈMES DE STÉRILISATION

Nature de la souche

Nombre initial

Temps et température

Pénétration de la chaleur dans le produit

Méthodes de calcul d'un barème

Méthode graphique (Bigelow)

Méthode mathématique (Bail)

Exemple de calcul à la valeur stérilisatrice

Choix du barème à appliquer

Valeur stérilisatrice utile

Couples temps-température

SYMBOLES NÉCESSAIRES A LA COMPRÉHENSION DES CALCULS

- Z : caractérise la pente de la courbe de mortalité des micro-organismes.
- F : nombres de minutes nécessaires pour détruire un nombre donné de micro-organismes à 121.1°C.
- F₀ : F quand Z = 10°C (Clostridium botulinum).
- T_i : température de l'autoclave.
- T₀ : température initiale du produit.
- T_A : température pseudo initiale (prolongement de la droite de pénétration de chaleur).
- J : $\frac{T_1 - T_{\#}}{T_i - T_0}$ facteur de retard à l'allure logarithmique
- T : température enregistrée au point critique.
- f : caractérise la pente de la droite de pénétration de chaleur en coordonnées semi-logarithmiques.
- At : délai de mise en régime.
- p : palier de stérilisation.
- W : f (T, — T, Z) Tableau 29.
- p : f (T, —T, Z) Tableau 29 facteur permettant le calcul de la valeur stérilisatrice de la montée en température seulement.
- a : coefficient caractérisant le format de la boîte (Tableau 27).

Les lois de destruction des micro-organismes par la chaleur ont été décrites et étudiées depuis fort longtemps. Les premières expériences remontent à Lazzaro Spallanzani (1729-1799), mais ce n'est qu'avec les expériences de Pasteur (1822-1895) que ce phénomène a été abordé scientifiquement.

Reprenant les termes de H. Cheffel et G. Thomas (4), le calcul d'un barème de stérilisation, c'est-à-dire du traitement thermique qu'il faut appliquer pour assurer la conservation d'un produit déterminé, enfermé dans un récipient d'un format déterminé, se fonde sur deux données expérimentales: la sensibilité des micro-organismes à la chaleur dans le milieu mis en cause et la vitesse avec laquelle la chaleur pénètre dans le produit. La charge microbienne initiale du produit destiné à être stérilisé est un facteur impor-

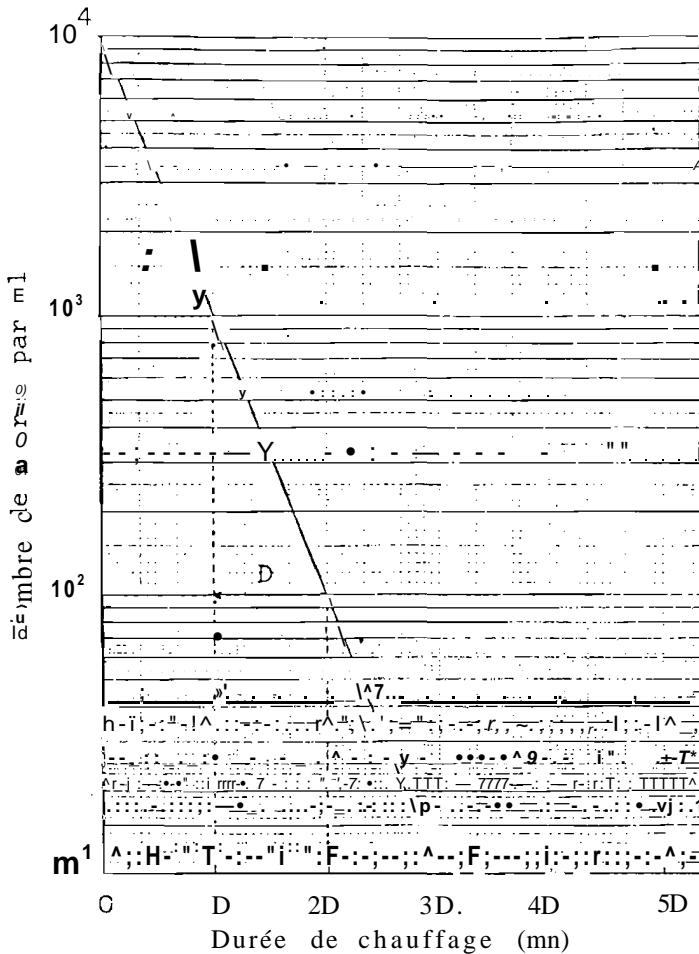


Figure 35. — Courbe de survie d'une bactérie à une température donnée et pour des durées de chauffage croissantes (4)

tant : plus la population est faible, plus le temps de chauffage nécessaire pour obtenir la stabilité du produit l'est aussi, et inversement.

Nature de la souche

Une bactérie de référence : *Clostridium botulinum*. a été choisie comme étant la plus résistante à la chaleur parmi les spores pathogènes : (cf. supra).

Sa destruction entraîne *a fortiori* celle de toute spore moins résistante.

On estime que le traitement thermique donne suffisamment de sécurité lorsqu'on réduit la quantité de *C. botulinum* de :

$$10^{12} \text{ à } 10^1 \text{ spores/ml}$$

c'est à dire de mille milliards à 1 unité.

Nombre initial

Lorsqu'on soumet une population de spores à une température donnée suffisamment élevée pour la destruction, le nombre de survivants décroît en fonction du temps selon une loi logarithmique :

En données semi-logarithmiques, on obtient une droite (figure 35).

- D est le temps nécessaire pour réduire à une température déterminée le nombre de spores au $\frac{1}{10^n}$ de sa valeur.
- F_T est la durée du chauffage à une température T pour assurer n réductions décimales

$$F_T = nD$$

Pour *Clostridium botulinum*, à T= 121,1°C : D = 0,21 minute.

Le nombre de réduction décimale nécessaire étant n = 12, la valeur stérilisatrice à appliquer est :

$$F_T = 0,21 \times 12 = 2,52$$

Cette valeur n'est pas immuable mais varie en fonction de la charge initiale.

Pour d'autres germes, moins pathogènes, mais plus thermorésistants, (*Bacillus stearothermophilus*), responsables d'altération spécifique, des valeurs stérilisatrices plus élevées sont utilisées.

Temps et température

Le temps nécessaire pour assurer la destruction d'une souche donnée décroît également de façon logarithmique en fonction de la température comme on le voit sur la figure suivante (coordonnées semi-logarithmiques) (Figure 36).

- Z est l'élévation de température qui permet de réduire au $\frac{1}{10}$ de sa valeur la durée de chauffage.

— F est le temps en minute à 121,1°C (250°F : température de référence adoptée par les Anglo-Saxons) pour assurer la diminution souhaitée du nombre des spores :

$$\frac{\log t - \log F}{121,1^\circ\text{C} - T} = \frac{1}{Z}$$

$$\log \frac{t}{F} = \frac{1}{Z} (121,1 - T)$$

$$\frac{T - 121,1}{Z}$$

$$F = t \times 10$$

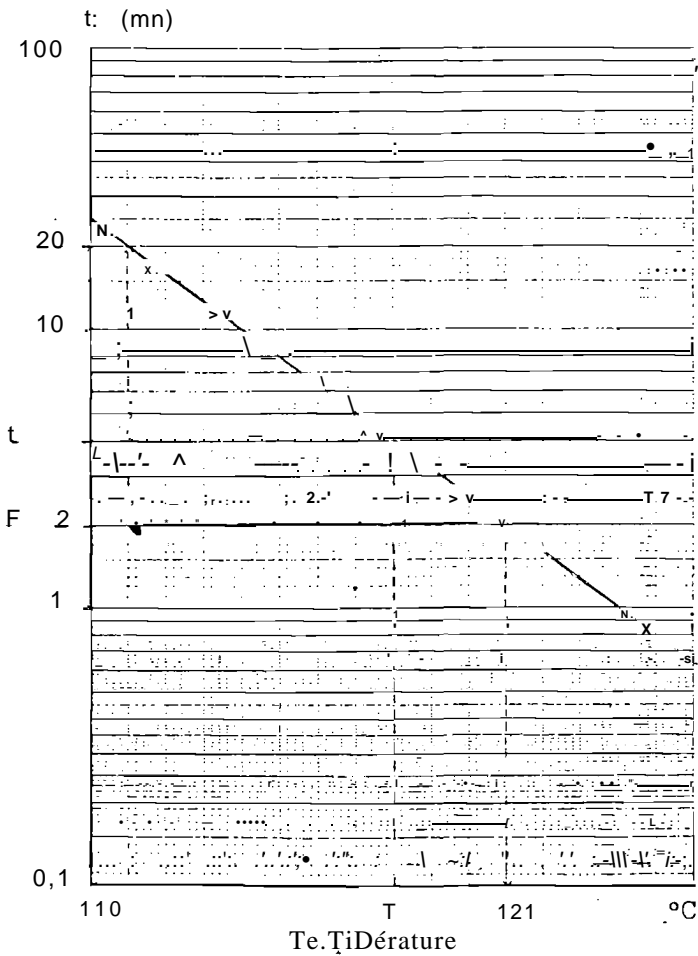


Figure 36 — Courbe de destruction des spores par la chaleur (4).

Pour *Clostridium botulinum* Z= 10°C; on utilise alors le symbole F₀ :

$$\frac{T - 121,1}{10}$$

$$F_0 = t \times 10$$

On constate que si T = 121,1°C, F = t.

La valeur stérilisatrice est donc équivalente au temps pendant lequel un produit serait soumis à une température de 121,1°C.

Exemple :

Valeur de F₀ pour un traitement de 10 mn à 113°C ?

$$\frac{113 - 121,1}{10}$$

$$F_0 = 10 \times 10 = 1,55$$

Ce traitement thermique équivaut à 1,55 minute passée à 121,1°C. Si on désire que F₀ = 2,52 (destruction de *Clostridium botulinum*), il manque donc une valeur de :

$$2,52 - 1,55 = 0,97$$

$$\text{Or, } 0,97 = t \times 10 \frac{113 - 121,1}{10} = t \times 0,155 \quad (\text{cf tables})$$

$$t = \frac{0,97}{0,155} = 6,2 \text{ m m}$$

Il convient donc de rajouter ces 6,2 minutes aux 10 initiales donc d'effectuer un traitement de 16,2 minutes, et nous adopterons 17 minutes pour plus de sécurité.

Pénétration de chaleur dans le produit

Les conditions de destruction des micro-organismes en fonction de leur nature, leur nombre, du temps et de la température étant déterminées, il s'agit de l'appliquer à un récipient contenant le produit.

La pénétration de chaleur au point le plus froid de la boîte doit être connue pour qu'en fonction des températures atteintes et de leur maintien, on puisse ajuster le traitement thermique nécessaire.

Le point critique n'est pas toujours le centre géométrique de la boîte, ni le centre de la masse du produit.

Dans le cas de produits fluides, où la chaleur se transmet par convection, le point le plus froid se situe sur l'axe du cylindre, à 12-18 mn du fond inférieur, si la boîte est immobile, posée verticalement et de format « haut ».

Dans le cas de produits constitués de gros morceaux et d'un liquide de couverture, où le chauffage s'effectue par conduction, la température d'un morceau placé au centre géométrique de la boîte est prise en compte.

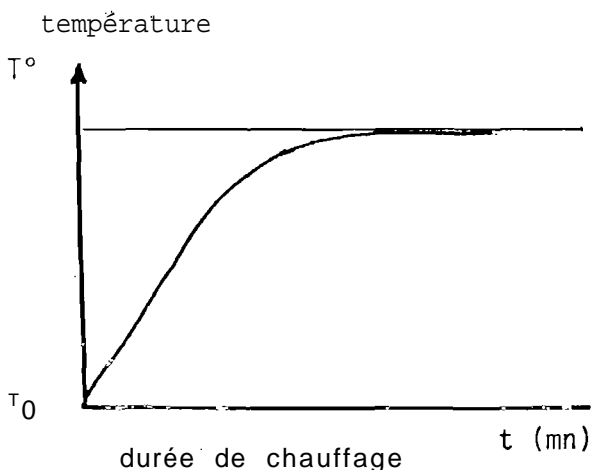


Figure 37 — Pénétration de la chaleur au point froid du récipient.

Généralement, dans les produits épais ou solides, la pénétration de chaleur suit une loi asymptotique en fonction du temps (Figure 37),

La température n'étant pas constante au sein du produit, on a :

$$\frac{T - 121,1}{10}$$

$$d F_0 = d t \times 10$$

Deux méthodes, l'une graphique, l'autre mathématique, permettent alors le calcul du barème de stérilisation.

Méthodes de calcul d'un barème

Méthode graphique (BIGELOW)

Elle est utilisable dans tous les cas, que la température (T) soit une fonction du temps (t) intégrable mathématiquement ou non. De plus, des deux méthodes disponibles, elle est la plus simple et la plus précise.

Mais elle ne permet pas les extrapolations s'il y a modification du format de la boîte ou des conditions de stérilisation.

Elle consiste à décomposer le traitement thermique global, à température variable, auquel est soumis le point critique du produit, en une succession de traitements thermiques de brève durée (généralement une minute) supposés à température constante.

La valeur stérilisante est donnée par la relation :

$F = t \times 10^{\frac{T - 121,1}{Z}}$ <p style="text-align: right; margin-right: 20px;"> $\frac{T - 121,1}{Z}$ </p> <p>Pour chaque minute : F = 10</p>

La somme des valeurs stérilisatrices partielles permet d'obtenir la valeur stérilisatrice totale,

Les valeurs stérilisatrices partielles inférieures à 0,01 sont négligées. Pour $Z = 10^{\circ}\text{C}$, cela signifie que l'on néglige les températures inférieures à 101°C .

Ainsi, les températures de la sonde la plus froide (mesures effectuées sur 3 boîtes) sont relevées à partir de 101°C jusqu'à la fin du palier de stérilisation. Les valeurs stérilisatrices correspondantes sont additionnées au fur et à mesure pour connaître celle du palier (Figures 38, 39, 40).

Pour obtenir celle du refroidissement, on procède de la même façon.

Le tableau des valeurs stérilisatrices cumulées montre que $F_0 = 7,85$ pour 82 minutes de palier.

Une minute à 116°C suffit pour atteindre $F_0 = 8$.

$F_0 = 7,85 + 0,309 = 8,16$ pour un palier de 83 minutes à 117°C .

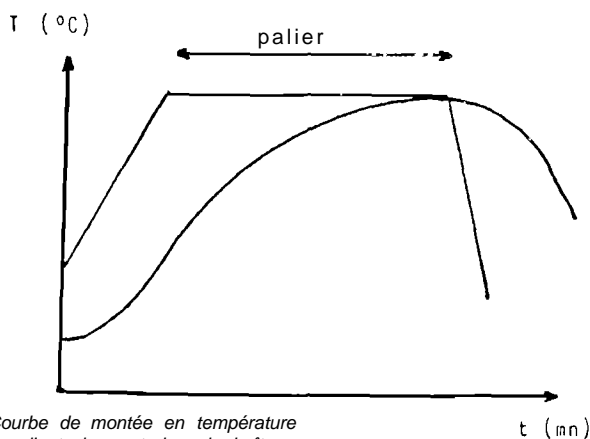


Figure 38 — Courbe de montée en température dans l'autoclave et dans la boîte.

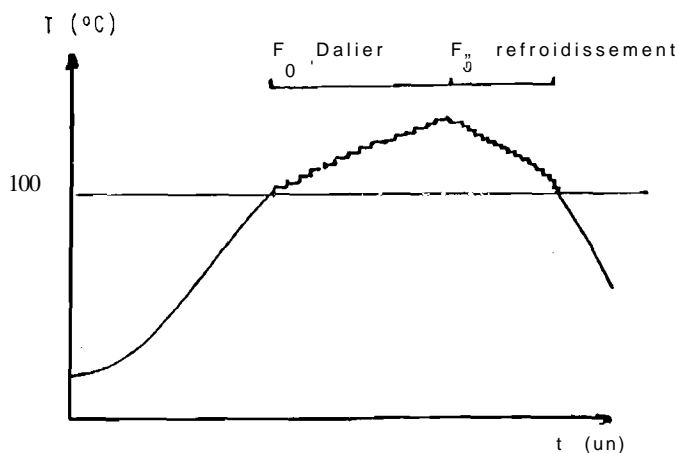


Figure 39 — Calcul de F_0 par la méthode de Bigelow

A	B	C	D	A	B	C	D
- 3 2	57			32	106,5(2 mn)	0,035	0,29
				33	107	0,039	0,33
				34	107,5	0,044	0,37
				36	108	0,049	0,47
0	85.5			38	108,5 (2 mn)	0,055	0,58
				40	109 (2mn)	0,062	0,70
18	100,0	0,008	0,008	42	109,5 (2 mn)	0,069	0,84
19	100,5	0,009	0,017	44	110 (2mn)	0,078	1,00
20	101	0,010	0,027	46	110,5 (2 mn)	0,087	1,17
21	101,5	0,011	0,038	48	111 (2mn)	0,098	1,37
22	102	0,012	0,050	52	111,5(4 mn)	0,110	1,81
23	102,5	0,014	0,064	54	112 (2mn)	0,123	2,05
24	103	0,015	0,079	59	112,5(3 mn)	0,138	2,46
25	103,5	0,017	0,096	61	113 (4mn)	0,155	3,08
26	104	0,019	0,115	64	113,5 (3 mn)	0,174	3,60
27	104,5	0,022	0,137	67	114 (3mn)	0,195	4,18
28	105	0,024	0,161	72	114,5(5 mn)	0,219	5,27
29	105,5	0,027	0,188	78	115 (6mn)	0,245	6,74
30	106	0,031	0,219	82	115,5 (4 mn)	0,275	7,84
				87	116 (5mn)	0,309	9,38
				92	116,5(5 mn)	0,347	11,11

Tableau 26 — Exemple de calcul de la valeur stérilisatrice par la méthode de Bigelow
 Détermination d'un barème de stérilisation pour une soupe de poisson en pot de verre de 850 ml.
 Température de stérilisation: 117°C (T)
 Valeur stérilisatrice du palier désiré : 8 (F₀)
 Durée du palier : ?

A = temps écoulé depuis que l'autoclave a atteint la température de stérilisation recherchée (115°C/116°C).

B = température du point froid de la boîte.

$$\frac{T - 121}{Z}$$

C = 10 valeurs données des tables

D = somme des valeurs trouvées en « C ».

Méthode mathématique (BALL)

Il existe également une méthode mathématique du calcul de la valeur stérilisatrice. Cette méthode dite de Ball inclut notamment la température de l'autoclave, la température initiale du produit, le délai de mise en régime de l'autoclave, la pente de la courbe de pénétration de chaleur représentée en coordonnées semi-logarithmiques, le facteur de correction traduisant le retard avec lequel le chauffage du produit se fait de façon logarithmique, la différence minimum de température entre le milieu chauffant et le point le plus froid de la boîte (12).

Rappelons que la valeur stérilisatrice est donnée par la relation :

$$F_0 = \int_{t_0}^{t_f} 10^{\frac{T - 121,1}{Z}} dt$$

4,

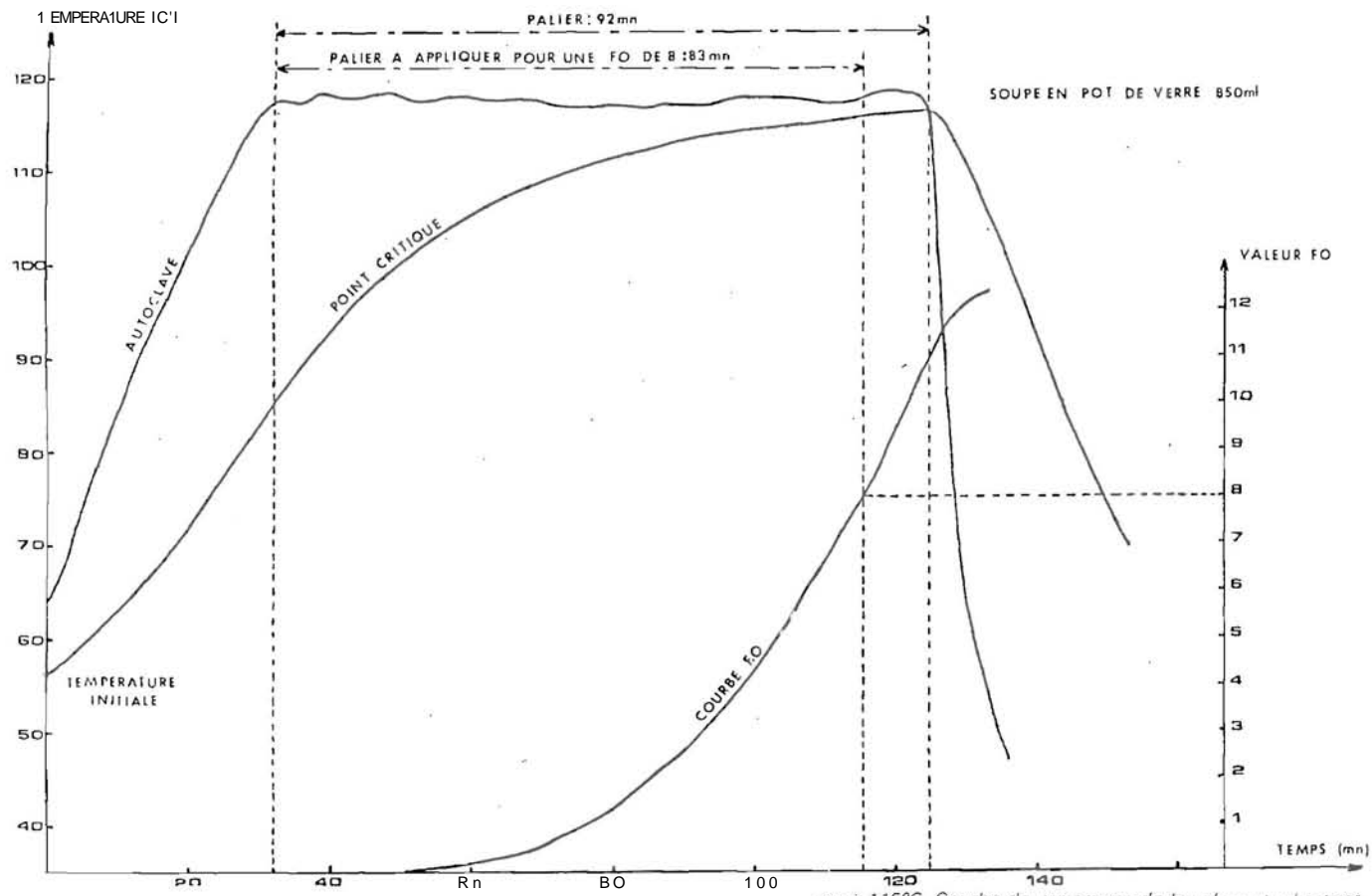


Figure 40 - Evolution de la température du point froid et dans l'autoclave lors d'une stérilisation à 115°C. Courbe de croissance de la valeur stérilisatrice.

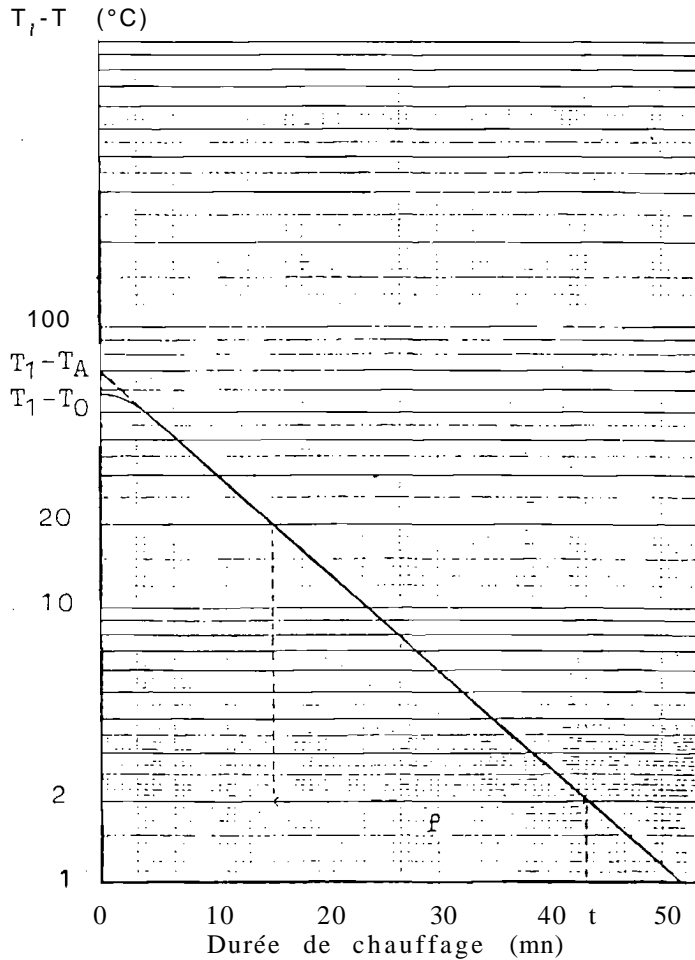


Figure 41 — Relation en coordonnées semi-logarithmiques entre la valeur $T_1 - T$ où T_1 représente la température du milieu chauffant, T la température au point critique et la durée de chauffage en minutes.

En représentant, en coordonnées semi-logarithmiques, la pénétration de chaleur au point critique, par les valeurs de $(T_1 - T)$ (Figure 41).

- t : durée du palier de stérilisation
- T_1 : température du fluide chauffant
- T_0 : température initiale du produit
- T_A : température pseudo initiale

Pour tenir compte de la véritable origine de la droite, on pose :

$$J = \frac{T_1 - T_H}{T_1 - T_0}$$

:facteur de retard à l'allure logarithmique

De la courbe, on tire :

$$\frac{\log(T_1 - T_A) - \log(T_1 - T)}{t} = \frac{1}{f}$$

$$t = f \log j_{T_1} \frac{L}{T_1 - T}$$

$$t = \frac{f}{2,3} \log j_{T_1} \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T}$$

$$Ht = -L \frac{dt}{T_1 - T} \quad (b)$$

Des équations (a) et (b), on tire :

$$F_0 = 2,3 \int_{T_1}^{T_0} \frac{L}{T_1 - T} dt$$

Après intégration de cette équation, on arrive à la formule :

$$F_0 = \frac{f \times L \times \left(\frac{L - 121,1}{10} \right)}{W}$$

où W est en fonction de (T, —T) et de Z donnée par la table.

Remarque :

La valeur stérilisatrice calculée par cette équation comprend :

- la montée en température,
- le refroidissement de même pente que la montée.

Pour connaître F₀ de la montée, il faut appliquer un coefficient p donné par des tables en fonction de T, —T et de Z.

Le processus de calcul d'un barème de stérilisation sera donc le suivant :

- tracer la droite de pénétration de chaleur en coordonnées semi-logarithmiques pour connaître f et j;
 - vérifier que T₁ est différent de T : la méthode de Bail n'étant applicable que si la pénétration de chaleur au point critique suit une loi logarithmique; il suffit que T₁ - T > 0,1 °F ou T₁ - T > 0,056 °C.
 - F₀ est connu : on calcule W à l'aide de la seconde équation puis T, — T à partir de la table: si la valeur de T, —T est conforme, la première équation donne la durée du palier t.
 - t est connu : on procède de façon inverse.
- Contrairement à la méthode de Bigelow, celle de Bail permet de calculer

un nouveau barème si un ou plusieurs des paramètres suivants sont modifiés.

- Délais de mise en régime du milieu chauffant.
- Modification de la température initiale (T_0) et de la température de stérilisation (T_s).
- Modification des dimensions de la boîte.
- Délais de mise en régime du milieu chauffant.

Il a été admis jusqu'à présent que le milieu chauffant atteignait dès le début la « température de régime » retenue, or dans la pratique, entre le moment de la fermeture de l'autoclave et l'obtention de la température désirée dans ce dernier, il s'écoule un certain temps, variable suivant les installations. Il s'agit du délai de mise en régime. Ce délai de mise en régime déforme la courbe théorique de pénétration de la chaleur qui a été calculée pour une boîte plongée dans un autoclave préréglé à la température de stérilisation.

Pendant ce temps, la boîte subit un traitement thermique si faible soit-il, dont il faut tenir compte.

Bail propose pour le calcul des barèmes de stérilisation correspondant aux besoins de la pratique, de corriger la courbe en ne retenant que les 42/100 du délai de mise en régime par la formule :

$$t = (p + 0,42 At) \text{ ou } P \text{ est le palier.}$$

Cela revient à tracer pour $x = -0,42 At$, une perpendiculaire à l'axe des temps : elle détermine en coupant la droite semi-logarithmique le point $T_s - T_A$ par conséquent J.

Toute variation du délai de mise en régime entraîne une modification de j , mais f reste le même.

- Température initiale (T_0) et température de stérilisation (T_s).

f et j ne changent pas : le calcul du nouveau barème s'effectue comme ci-dessus.

- Modification des dimensions de la boîte.

j ne varie pas, ou peu, avec la dimension de la boîte.

Par contre, à partir de f , il faut calculer f' correspondant au nouveau format :

$$f' = f \frac{\alpha'}{a}$$

a et a' sont des coefficients caractéristiques du format de la boîte que l'on calcule d'après les formules ci-après :

— boîtes cylindriques (hauteur intérieure : h, diamètre intérieur : d)

● chauffage par conduction :

$$a = \frac{d^2}{\frac{(d)^2}{h} + 2,34}$$

• chauffe par convection :

$$\alpha = \frac{d \times h}{d + 2h}$$

— boîtes parallélépipédiques (dimensions intenes : longueur, L; largeur, l; hauteur, h).

Types de boîtes			Facteur a caractéristique de la boîte	
Désignation AFNOR	Dimensions		pour les produits s'échauffant par	
	Hors tout	Intérieures	Conduction	Convection
1/32	38x30	35x23	263	10
1/16	45 » 39,5	42x32,5	442	12,8
1/12	55 x 37,5	52x30,5	515	14
1/8	55x52	52x45	736	16,5
1/6 haute	55x68	52x61	882	12,2
1/5	55x79	52x72	943	19,1
2/5	55 x 151,5	52 x 144,5	1097	22,2
1/6 basse	71,5x43,5	68,5 x 36,5	802	17,6
1/4 moyenne	71.5x62	68.5 x 55	1240	21
1/2 haute	71,5 x 115,5	68,5 x 108,5	1 715	26
1/4 basse	86 x 44,5	83x37,5	950	19,7
1/3	86x57	83x50	1355	22,7
1/2 moyenne	86 x 82,5	83 x 75,5	1940	26,8
n°2	86 x 108	83 x 101	2 270	29,4
i/1 asperge	86 x 158	83 x 151	2 620	32,5
1/2 basse	100x64	97x57	1790	26,2
1/1	100 x 118,5	97 x 111,5	3 030	33,8
7/5 asperge	100x 161,5	97 x 155,5	3 445	36,9
2/4	100x225	97x218	3715	39,6
1/1 basse	125x80	122 x 72	2 850	33
2/4	125x 145	122x 137	4 750	42,2
3/4	153x72,5	150x63,5	2 830	34,4
n° 10	153x 180	150x 171	7 220	52
3/4	153 x 246	150x237	8 220	57
3/4 (avec joncs)	153x249	150x240	8 240	57
3240 3 kg thon	200x 100	197x90	5 430	47
3340 5 kg thon	200x 158	198x 148	9 430	57

Tableau 27 — Détermination du paramètre f (4).

- chauffage par conduction

$$a = \frac{(l \quad x \quad xh)^2}{(Lx)^2 + (Lx.h)^2 + (hx)^2}$$

Les valeurs de a sont données dans le tableau 27.

Exemple de calcul de la valeur stérilisatrice

Soit une soupe (convection) stérilisée à l'eau dans un autoclave discontinu statique vertical. Le délai de mise en régime pour atteindre 117°C (T,) dans l'autoclave est de 32 minutes : la durée du palier de stérilisation est de 83 minutes.

Pour tracer la droite de pénétration de chaleur (T, — T) où T est la température du point le plus froid, il faut (Tableau 28; Figure 42) :

temps mn	T°C	T, - T	log T, - T	temps mn	T°C	T, - T	log T, - T
-32	56,6	60,4	1,78	35	107,8	9,2	0,96
-30	57,5	59,5	1,77	40	109,2	7,8	0,89
-25	60,7	56,3	1,75	45	110,5	6,5	0,81
-20	64,7	52,3	1,72	50	111,4	5,6	0,75
-15	69,3	47,7	1,68	55	112,4	4,6	0,66
-10	74,4	42,6	1,63	60	113	4,0	0,60
- 5	80,1	36,9	1,57	65	113,9	3,1	0,49
0	85,5	31,5	1,50	70	114,6	2,4	0,38
5	90,5	26,5	1,42	75	115	2,0	0,30
10	94,5	22,5	1,35	80	115,4	1,6	0,20
15	98,1	18,9	1,28				
20	101,1	15,9	1,20				
25	103,7	13,3	1,12				
30	105,9	11,1	1,04				

Tableau 28 — Exemple de calcul de la valeur Température-temps stérilisatrice.

- relever les températures T en fonction du temps;
- calculer les valeurs T, — T puis log (T, — T) si on n'utilise pas de papier semi-logarithmique. Il est préférable pour simplifier les calculs de représenter les valeurs de T, — T au lieu de celles de T.

La méthode des moindres carrés peut être utilisée pour ajuster la droite en supprimant au début et à la fin les points qui ne suivent pas l'allure logarithmique.

Prendre en compte les 42 % du délai de mise en régime : monter une perpendiculaire à l'axe des minutes pour x = — 0,42 t soit — 13,5 mn.

L'intersection des deux droites obtenues a pour ordonnée $\log (T_1 - T_A)$, soit 1,725. La fonction inverse 10^{\quad} donne la valeur de $(T_1 - T_A)$.

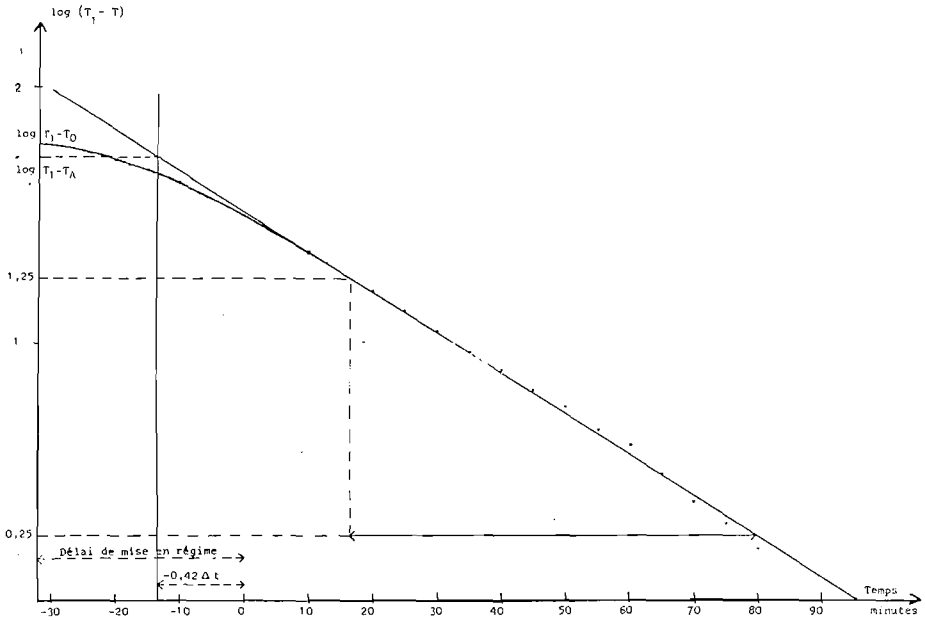


Figure 42 — Représentation de l'évolution de la valeur $\log T_1 - T$ en fonction du temps au cours d'un traitement thermique.
 T_1 = Température de l'autoclave; T = Température du point critique.

On peut calculer j :

$$j = \frac{T_1 - T_A}{T_1 - T_0}$$

T_0 : première température enregistrée au point critique = 56,6°C

$T_1 - T_0 = 60,4^\circ\text{C}$

$$i = g \quad | = 0,88$$

f étant la durée que met la droite de pénétration de chaleur pour traverser un cycle logarithmique, cela correspond à une diminution de 1 pour $\log (T_1 - T)$:

$$\log (T_1 - T) = 1,25; \quad x = 16,5$$

$$\log (T_1 - T) = 0,25; \quad x = 79,5$$

$$f = 79,5 - 16,5 = 63.$$

Tous les paramètres sont connus pour effectuer les calculs selon la méthode de Bail à condition de vérifier qu'elle est bien applicable.

Délai de mise en régime : $t = 32$ mn

Durée de palier : $p = 83$ mn

Température initiale du produit : $T_0 = 56,6^\circ\text{C}$

Température du fluide chauffant : $T_1 = 117^\circ\text{C}$.

Paramètres obtenus à partir de la droite de pénétration de chaleur :

$$f = 63$$

$$j = 0,88$$

Calcul de $T_1 - T_0$

$$t = f \log j^2$$

$$\log T_1 - T_0 = \log j^2 (T_1 - T_0) - \frac{P + 0,42At}{f}$$

$$\log T_1 - T_0 = \log 0,88^2 (117 - 56,6) - \frac{83 + 0,42 \cdot 32}{63}$$

$$\log T_1 - T_0 = 0,1938$$

$$T_1 - T_0 = 1,56^\circ\text{C}$$

$T_1 - T_0$ est supérieur à $0,056^\circ\text{C}$

En fonction de $T_1 - T_0$, la valeur de W est trouvée dans la table pour $Z = 10^\circ\text{C}$.

$$W = 2,59$$

Calcul de la valeur stérilisatrice totale

$$F_0 = \frac{f \times 10^{\frac{T_1 - 121,1}{10}}}{W}$$

$$F_0 = \frac{63 \times 10^{\frac{117 - 121,1}{10}}}{2,59} = 9,46$$

La valeur stérilisatrice de la seule montée s'obtient en multipliant F_0 par le facteur p (table)

$$T_1 - T_0 = 1,56^\circ\text{C} \rightarrow p = 9,46$$

$$F_0 \text{ montée} = 9,46 \times 0,85 = 8,04$$

Valeur stérilisatrice :	Bigelow	Ball
T_0	8,13	8,04

La comparaison des deux résultats confirme la validité, dans ce cas, de la méthode de Bail.

Il est donc possible de rechercher, à partir des données obtenues, un nouveau barème à 115°C de même valeur stérilisatrice, afin d'éviter par exemple des brunissements du produit dus à une température trop forte.

Calcul de la durée du palier à 115°C pour le même produit

Pour $F_{0\text{montée}} = 8$; $F_{0\text{tot3l}} = 9,46$

$$P_{10} = \frac{f \times i \times Q \frac{L - 121,1}{10}}{W}$$

$$W = \frac{f \times i \times Q \frac{T_i - 121,1}{10}}{W}$$

$$W = \frac{6,3 * 1,0 \frac{115 - 121,1}{10}}{9,46} = 1,635$$

$W = 1,635$; $T_i - T = 0,81^\circ\text{C}$

$$t = f \log_j \frac{T_i - T}{T_i - T}$$

$$t = 63 \log_{0,88} \frac{1,1 F_0 - R f i}{0,81} = 113,5 \text{ mn}$$

mais $t = (p + 0,42 A t)$

$$p = t - 0,42 A t$$

$$p = 113,5 - 13,5 = 100 \text{ mn}$$

Il faut donc 100 mn à 115°C pour atteindre $F_0 = 9,46$

Calcul d'un barème de stérilisation pour lequel $T_i - T < 0,056^\circ\text{C}$

Calcul de $T_i - T$ dans l'exemple précédent avec $f = 20$

$$\log L - T H \log j^{(T_i - T) - * -}$$

f

$$\log T_1 - T = \log 0,88 (115 - 56,6) - \frac{113,5}{20}$$

$$\log T_1 - T = 1,711 - 5,675$$

$$\log T_1 - T = - 3,964$$

$$\log T_1 - T = 0,0001^\circ\text{C}$$

La méthode de Bail n'étant applicable que pour $T_1 - T \leq 0,056$:
 — calcul de la durée du chauffage pour que $T_1 - T = 0,056^\circ\text{C}$

$$t = f \log j \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T}$$

$$t = 20 \log 0,88 \frac{115 - 56,6}{0,056}$$

$$t = 59,25 \text{ mn}$$

$$p = t - 0,42A t$$

$$p = 59,25 - 13,5 = 46 \text{ mn}$$

— calcul de la valeur F_0 jusqu'à $T_1 - T = 0,056^\circ\text{C}$

$$F_0 = \frac{f \times 10 \frac{T_1 - 121,1}{10}}{W}$$

$$T_1 - T = 0,056 \rightarrow W = 0,576$$

$$F_0 = \frac{20 \times 10 \frac{115 - 121,1}{10}}{0,576} = 8,52$$

Cette valeur comprend le délai de mise en régime, les 46 mn de palier et un refroidissement (Tableau 29 et 30).

$$T_1 - T = 0,056^\circ\text{C} \rightarrow p = 0,947$$

$$F_{0\text{montée}} = 8,52 \times 0,947 = 8,07$$

Si F_0 souhaitée pour la montée est de 10, il faut prolonger le palier.

Le produit ayant atteint la température du milieu chauffant, on considère alors qu'à chaque minute, on ajoute une valeur stérilisatrice partielle de :

$$\frac{115 - 121,1}{10}$$

Soit pour $F_0 = 10$: $10 \times 0,245 = 2,45$

$$46 + \frac{2,45}{0,245} - 46 + 8 = 54 \text{ mn}$$

$T_1 - T_2$ (°C)	W	P
0,1	0,7	0,930
0,2	0,9	0,925
0,3	1,0	0,917
0,4	1,2	0,912
0,5	1,3	0,906
0,6	1,4	0,900
0,7	1,5	0,895
0,8	1,7	0,889
0,9	1,8	0,883
1	1,9	0,875
1,5	2,5	0,852
2	3,2	0,830
2,5	4,0	0,812
3	4,8	0,795
3,5	5,8	0,780
4	7,0	0,764
4,5	8,4	0,755
5	10,0	0,743
5,5	11,7	0,730
6	13,7	0,720
6,5	16,3	0,710
7	19,0	0,700
7,5	22,3	0,690
8	25,7	0,680
8,5	30,0	0,665
9	35	0,655
9,5	39	0,645
10	45	0,635
10,5	53	0,625
11	60	0,620

Tableau 29 — Calcul d'un barème de stérilisation; valeurs de W et de p pour Z = 10°C.

Choix du barème à appliquer

D'une part, il faut se fixer la valeur stérilisatrice minimale nécessaire, d'autre part étudier les conditions thermiques pour l'obtenir.

T°C	x	T°C	x
110	0.068	120	0,774
110,5	0.086	120.5	0,869
111	0.097	121	0,975
111.5	0.109	121.5	1,093
112	0.122	122	1,228
112.5	0.137	122.5	1,377
113	0.154	123	1,545
113,5	0,173	123,5	1,733
114	0.194	124	1,945
114.5	0.218	124,5	2,182
115	0.244	125	2,448
115.5	0.274	125,5	2,748
116	0.308	126	3,082
116.5	0.345	126,5	3,458
117	0.388	127	3,881
117,5	0.435	127,5	4,354
118	0.488	128	4,885
118.5	0.562	128,5	5,623
119	0.615	129	6,151
119,5	0.691	129,5	6.910

Tableau 30 — Calcul d'un barème de stérilisation :

$$T - 121.1$$

$$\text{Valeurs de } x = 10 \quad 10$$

Pour les valeurs en-dessous de 110° et au-dessus de 129,5, utiliser la même table en décalant la virgule.

Valeur stérilisatrice utile

Elle dépend :

— de la nature du germe à détruire

Clostridium botulinum, à cause du danger qu'il représente, ne doit survivre à aucun prix. Une valeur stérilisatrice de 2,52 garantit la mortalité de 10^{12} spores/ml, ce qui est un nombre déjà considérable et théoriquement rarement atteint.

D'autres spores plus thermorésistantes exigent un traitement plus sévère, comme *Clostridium sporogènes* et *Clostridium stearothermophilus*, mais elles sont moins dangereuses car leur présence est facilement décelable.

La valeur stérilisatrice doit être alors supérieure, comme le montre le tableau 31.

— du nombre initial de bactéries

Selon le type de produit (nature, pH) à stériliser, il est possible d'estimer le niveau de contamination et d'en tenir compte pour augmenter ou non la valeur stérilisatrice minimale de 2,52 (arrondie à 3).

Spores bactériennes	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Clostridium sporogènes</i>	<i>Clostridium stesrothermophilus</i>
Danger	Botulisme	Altération	Surissement sans bombage
Temps nécessaire pour réduire la population au 1/10 de sa valeur à 121.1°C	0.21 mn	1 mn	4 mn
Taux de destruction désiré	10 ¹²	10 ^E	10 ⁿ
Valeur F ₀ à appliquer	2.52	5	16

Tableau 31 — Valeurs stérilisatrices selon les souches bactériennes (14)

Jus de couverture	Type d'emboîtement	pHS=5.2	pH entre 4,5-5,2
Bactériostatique (huile, très salé)	Entier	F ₀ > 3	F ₀ > 5
	Broyé, en morceaux ou très manipulé	F ₀ 3-5	F ₀ > 3
Eau, sauce	Entier	F ₀ & 5	F ₀ > 3
	Broyé, en morceaux ou très manipulé	F ₀ > 7	F ₀ > 5

Tableau 32 — Quelques grandeurs de la valeur stérilisatrice à appliquer en fonction des produits traités.

Le tableau 32 est donné à titre indicatif. En cas de risques plus importants, il convient d'ajouter une à deux unités aux chiffres indiqués.

Couples temps-température

Il s'agit ensuite de déterminer le traitement thermique adéquat. On dispose pour cela d'un grand nombre de couple temps/température qui assurent un effet stérilisateur identique.

En règle générale, les qualités organoleptiques du produit sont préservées par un barème temps court/haute température. Mais ce n'est pas le cas, en particulier lorsque le produit ne permet pas une pénétration rapide de la chaleur (blocs compacts) et l'on risque de surcuire à la périphérie; lorsque le produit est riche en sucre (coquille Saint-Jacques), des réactions de Maillard peuvent apparaître entraînant un brunissement de la chair. Une rotation est en outre nécessaire.

Le traitement thermique pourra théoriquement être d'autant plus court que les différentes phases le précédant auront été soignées.

VI. TECHNIQUES ET MATÉRIELS DE MESURE

Préparation

Préparation du stérilisateur

Préparation des boîtes

Matériel de mesure

Thermometrie à affichage digital

Centrale de mesures

Calculateur

Sondes

Préparation

Préparation du stérilisateur

- prévoir un presse étoupe de diamètre correspondant au trou prévu par le fabricant pour le passage de sondes
ou
- démonter une des soupapes de sécurité, généralement de diamètre 21/27 (Figure 43) lorsqu'il est impossible de procéder autrement.

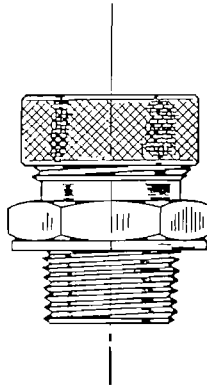


Figure 43 — Presse étoupes d'autoclaves. Pour l'introduction de 4 ou 6 sondes.

Préparation des boîtes (Figure 44)

- prélever les premières boîtes (ou pot en verre) fabriquées, on dispose ainsi de celles dont la température est la plus froide;
- noter le pH et s'assurer que l'échantillonnage est identique au reste de la fabrication (composition, remplissage, etc.);

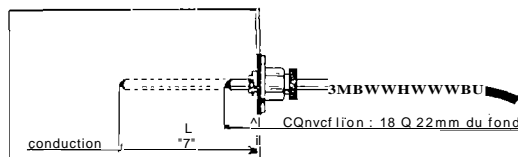


Figure 44 — Position de la sonde.

- perforer un fond de boîte de l'emporte-pièce correspondant au presse étoupe désiré (Figures 45, 46) et visser celui-ci à l'aide d'une clé plate; changer les deux joints du presse étoupe après chaque utilisation afin d'avoir une bonne étanchéité;
- mesurer la longueur de sonde à introduire dans la boîte pour se situer le plus précisément possible du point critique, la mesure étant faite à l'extrémité de la sonde (couple cuivre constantan « Ellab »);
- avant de commencer la stérilisation, faire un premier pointage pour s'assurer que la programmation de l'appareil de mesure est bonne; programmer un pointage toutes les minutes ou V2 minute.

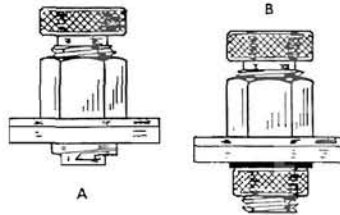


Figure 45-46 — Presse étoupes pour les emballages. Presse étoupe pour emballages en fer ou aluminium (A) et pour pots en verre (B) (doc. Ellab).

Matériel de mesure

Thermomètre à affichage digital (Figure 47)

Quatre voies peuvent être suivies; la scrutation se fait à l'aide d'un commutateur manuel. Cet appareil ne délivre pas de bandes enregistreuses.

Centrale de mesures (Figure 48)

La plus simple permet la mesure des températures selon un programme établi. La centrale de mesure à microprocesseur, type SAM 12 (AOIP), est un système d'acquisition de données programmables par un clavier incorporé. Cette centrale possède une sortie RS232C. Les informations peuvent être recueillies sur une perforatrice et traitées avec un programme informatique. Cet appareil comprend 12 voies. Il permet un relevé permanent de la température au point critique. Le barème sera calculé manuellement ou traité par un ordinateur (15).

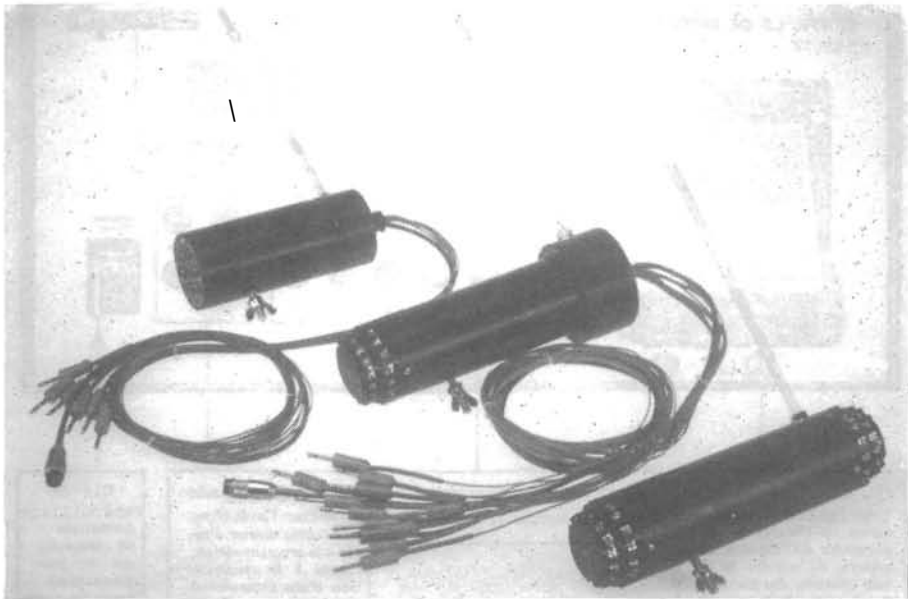


Figure 47 — Thermomètre digital de précision CTD. 1) Afficheur digital; 2) Commutateur; 3) Connecteur. Contacteurs à frottement pour mesures en régime d'agitation (doc. Ellab).

Calculateur ELLAB CTF 82 (Figure 49)

Le CTF 82 peut mesurer 8 températures. Les 8 canaux sont commandés par un ordinateur F_0 . Basé sur les températures mesurées, l'effet stérilisateur est calculé individuellement pour chacun des canaux branchés. La valeur F_0 est programmée pour $T = 121^\circ\text{C}$ et $Z = 10^\circ\text{C}$.

La durée de l'essai, le numéro du canal, les températures et les valeurs F_0 sont lisibles sur l'affichage digital à 14 segments LED. Cet appareil ne délivre pas de bande imprimée.

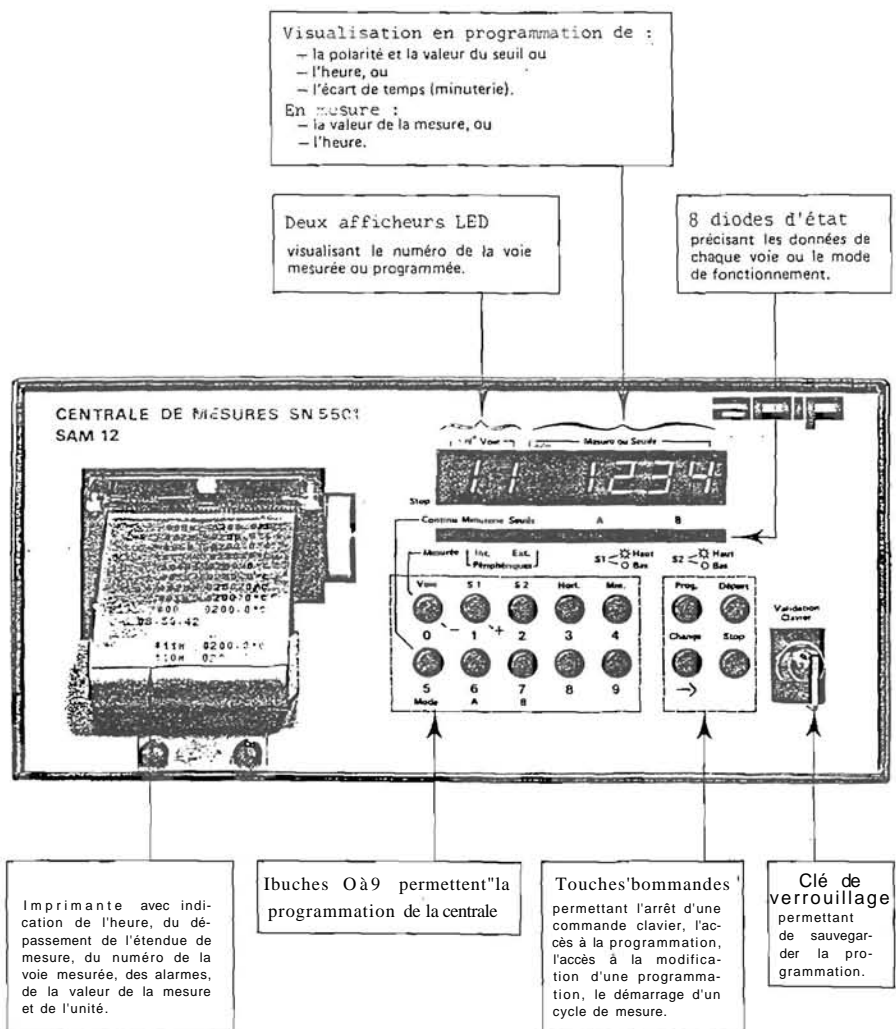


Figure 48 — Description de la centrale de mesures AOIP SAM 12 (doc. AOIP).

Calculateur CMC 821 (Figure 50)

Calculateur enregistreur permettant le calcul simultané des valeurs de F_0 et des valeurs cuisatrices sur 10 voies.

Les constantes sont réglées automatiquement sur $T = 121,1^{\circ}\text{C}$ et $Z = 10^{\circ}\text{C}$ et $T = 100^{\circ}\text{C}$ et $Z = 33^{\circ}\text{C}$ pour les valeurs cuisatrices



1. NOMENCLATURE

1. Plaque d'indication de numéro de série et du voltage
2. Prise pour branchement au secteur
3. Bouton de mise en route
4. Branchement 1 à 6 des sondes de mesure dans l'emballage
5. Branchements 7-8 pour sondes de température d'ambiance
6. Touche « reset » pour annulation des calculs F_0 et de la montre
7. Touche « scan » pour blocage de l'un des 8 canaux
8. Touche « temp » pour sélection de température minimum et maximum sur canal 1 à 6
9. Touche « F_0 » pour sélection de F_0 minimum et maximum sur canal 1 à 6
10. Touche « hold » pour sélection constante d'une température et d'une valeur F_0

Affichage digital

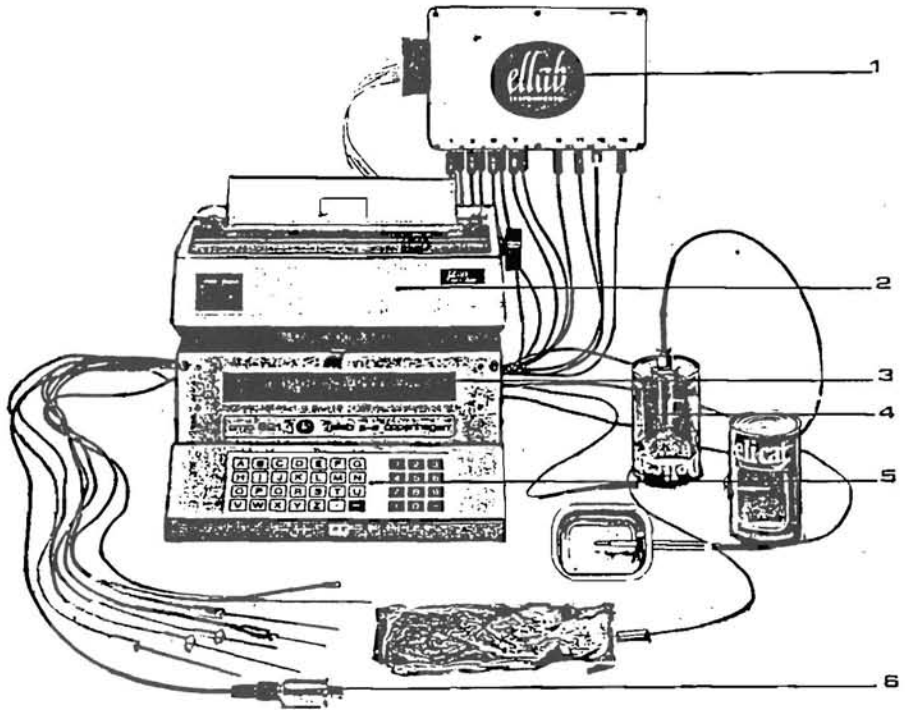
11. 4 chiffres — indiquant la durée en minutes et en heures de 0 à 24 heures
12. 1 chiffre — indiquant le numéro du canal
13. 5 chiffres — indiquant les températures
14. 3 chiffres — indiquant les valeurs F_0
15. 1 chiffre — indiquant le numéro du canal sur lequel se trouve les valeurs min. et max. de température et F_0
16. Câble de raccordement inclus

Figure 49 — CTF 82 Thermomètre digital/Calculateur de valeur F_0 .

Le calculateur analogique élabore en fonction du signal électrique fourni par les sondes, ainsi que les valeurs Z et T préprogrammées et t (fourni par une horloge) un signal proportionnel à F_0 visualisé sur l'affichage numérique et sur l'enregistreur.

Les valeurs Z et $T^\circ\text{C}$ peuvent être programmées différemment. Cet appareil dispose en outre de deux voies permettant de mesurer les pressions dans les boîtes et d'une voie pour chiffrer les rotations.

Ces informations sont recueillies sur une imprimante Microline 80 qui délivre aussi les courbes minimales et maximales des températures et des valeurs stérilisatrices.



DOC. ELLAB

Figure 50 — Microprocesseur de température CMC 821

- 1 Boîte de connexion
- 2 Imprimante
3. Afficheur digital
4. Sonde
5. Clavier de programmation
6. Capteur de pression

D'autres appareils sont fabriqués par la société ELLAB :

- un thermomètre digital de précision type CTD à 4 voies sans enregistreur;
- un enregistreur de température modèle 24 FD avec calculateur de la valeur F_0 et mesure de la pression sur 2 voies ainsi que de la rotation sur une voie.

Les sondes

L'électrode est composée d'un tube résistant à la chaleur et isolant pour prévenir la conduction. Elle est conçue pour permettre des mesures allant jusqu'à 130°C.

Le thermocouple est composé de cuivre et de constantan et a une précision de l'ordre de $1/10^{\text{ème}}$ de degré.

Le câble est en silicone résistant à des températures situées entre - 50°C et 185°C. Chaque câble est repéré par un anneau près de l'électrode et près de la fiche.

La longueur de l'électrode est de 105 mm et le diamètre de 6 mm. La profondeur de mesure est de 80 mm et le temps de mise en température est de 10 secondes.

D'autres types de sondes existent, qui sont adaptées à chaque type d'emballage (boîtes sous vide, profil bas, bouteilles, sachets plastiques ou aluminium).

La variation de température provoque une variation de tension aux bornes du thermocouple qui sera décelée au niveau de l'appareil de mesure, soit par un microvoltmètre électronique, soit par un pont à mesure à galvanomètre ou par un amplificateur de zéro.

VII. CONTRÔLE DE LA FABRICATION

Contrôle de l'atelier

Le sol

L'eau

L'atmosphère

Les locaux

Les chambres froides

Les machines et outillages

Le personnel

Contrôle du produit fini

Contrôle de l'atelier

Avant d'analyser le produit lui-même, il faut commencer par considérer l'atelier de fabrication, la qualité du produit dépendant beaucoup de celui-ci.

Les sources principales de contamination des aliments les plus courantes sont les suivantes :

Le sol

Il contient de nombreux micro-organismes en surface et en profondeur (selon sa nature) : des pathogènes, toxigènes ou des saprophytes capables d'altérer les aliments. Beaucoup disparaissent naturellement (dessiccation) mais les germes sporulés peuvent résister.

Ces germes véhiculés par les poussières atmosphériques sont déposés sur le produit ainsi que des fragments de déchets organiques.

L'eau

En provenance de nappes profondes, elle peut contenir quelques bactéries psychrotrophes ou oligotrophes d'origine tellurique.

Venant de nappes phréatiques ou de fleuves, elle peut être beaucoup plus contaminée par des résidus industriels ou polluée par les engrais (nitrates, phosphates).

Les traitements par le chlore ou l'ozone détruisent les germes pathogènes (salmonelles, etc.) mais certains germes saprophytes y résistent. L'eau est alors potable mais non stérile.

L'atmosphère

Les courants d'air véhiculent les micro-organismes contenus dans les poussières. Pour les éviter, on peut séparer du reste de l'usine l'atelier où l'on traite le produit et, si besoin est, alimenter cette salle en air filtré et conditionné.

Les locaux

Chaque fissure ou cassure du sol ou des murs renferme des micro-organismes aussi, il est préférable que les locaux soient revêtus par des matériaux lisses qui facilitent le nettoyage.

Le sol doit être imperméable. Les égoûts munis de siphons de dimension suffisante et un sol légèrement en pente favorisent une bonne évacuation de l'eau. A la fin du travail, un rinçage grossier suivi d'un brossage avec un détergent désinfectant est effectué; on termine par un rinçage à l'eau chaude pour permettre un séchage rapide.

Les murs recouverts d'un revêtement lavable sont souvent le siège de projections de denrées et de condensation d'eau. Un lavage par pulvérisation de produit est recommandé quotidiennement.

Les plafonds, sujets aux condensations également, seront peints avec une peinture fongicide. Pour éviter la formation de moisissures sur murs et plafonds, on peut aussi après l'arrêt de la fabrication traiter l'atmosphère par une solution de formol et bien aérer ensuite.

Les ouvertures seront conçues pour empêcher l'incursion d'insectes ou d'animaux porteurs de germes. Des pièges à insectes peuvent être installés au-dessus des lignes de fabrication.

Les chambres froides

Une bonne hygiène n'y est pas souvent respectée; du fait de la température, on aurait tort de se croire à l'abri des contaminations.

Ainsi, les aliments sont souvent stockés sur des étagères en bois ou métal présentant un développement important de psychrotrophes, de levures et de moisissures. Un nettoyage régulier s'impose donc.

Les légumes ou ingrédients divers ne doivent pas être entreposés dans la même chambre que les produits transformés.

Les machines et l'outillage

A chaque fabrication, ceux-ci peuvent être le siège de contamination s'ils restent non nettoyés; en effet, les matières organiques présentes en surface ou dans les moindres recoins sont un bon milieu de culture.

L'acier inoxydable est indispensable, le bois et les matériaux poreux étant interdits. Les couteaux et autres ustensiles peuvent être stérilisés dans une armoire à lampe ultra-violet. Quant à la ligne de production, elle doit être nettoyée et désinfectée à chaque interruption de fabrication ou même toutes les deux heures dans certains cas.

Les torchons et les éponges sont propices au développement des bactéries, un renouvellement fréquent est indispensable. L'idéal est le papier à usage unique.

Le personnel

Il est porteur de germes de différentes provenances et peut souiller les produits, surtout par des pathogènes.

Quelques règles de bon sens sont à respecter :

- les membres du personnel doivent impérativement nettoyer leurs mains après chaque passage aux toilettes. L'essuyage se fait avec du papier à usage unique ou à l'aide d'un séchoir mural. Les robinets des lavabos sont commandés au pied;
- le port du masque est très utile pour éviter de propager des microbes rhino-pharyngés;
- des coiffes pour les cheveux et des gants pour les mains sont également conseillés;
- les vêtements de travail sont remplacés le plus souvent possible et aseptisés de temps en temps;
- un ouvrier malade ne doit pas manipuler les produits.

Contrôle du produit fini

L'aliment qui a subi une stérilisation conforme aux principes énoncés précédemment peut cependant présenter des risques pour le consommateur.

Schématiquement, ces risques peuvent résulter :

- d'une matière première ou d'un ingrédient entrant dans la composition du produit fini, de mauvaise qualité microbiologique;
- d'un défaut de conditionnement (mauvais choix de l'emballage, défaut d'étanchéité, etc.);
- d'un cycle de stérilisation qui n'a pas respecté scrupuleusement les paramètres préétablis.

Dans certains cas, les défauts sont visibles à l'œil nu, qu'il s'agisse de phénomènes d'altération rapide conduisant à des « bombages » ou des « flochages » (définition ci-après) ou qu'il s'agisse tout simplement d'un défaut de sertissage.

Malheureusement, il n'en est pas toujours de même. Pour garantir la stabilité d'une conserve, il faut la soumettre à un faisceau d'analyses prescrites par la loi.

Dans un premier temps, pour accélérer le phénomène de vieillissement et par voie de conséquence, accélérer l'apparition d'un défaut éventuel,

l'article 8 de l'arrêté du 21 décembre 1979 impose un étuvage à 37°C et à 55°C d'un certain nombre d'échantillons.

Art. 8 — Les conserves à base de denrées animales ou d'origine végétale, quelle que soit la nature de leur emballage, doivent satisfaire à des épreuves permettant de vérifier leur stabilité.

Ne doivent pas être soumis à ce contrôle les boîtes métalliques ou les bocaux en verre à couvercles déformables présentant des défauts majeurs tels que bombement, flochage, fuitage. Il en va de même pour les conserves présentées en emballage en matière plastique ou complexes métalloplastiques qui présenteraient une modification apparente de l'emballage.

Les épreuves comportent les opérations suivantes :

Etuvage d'individus à 37°C (+ - 1°C) durant sept jours ou à 35°C (+ - 1°C) durant dix jours;

Etuvage d'individus à 55°C (+ - 2°C) durant sept jours.

A l'issue de ces épreuves, aucun bombement ou fuitage ne doit être constaté.

Une appréciation de la variation du pH entre les unités étuvées et des unités non étuvées témoins, laissées à la température du laboratoire pendant les durées précitées, cette température devant être cependant inférieure à 25°C. La variation de pH ne doit pas dépasser 0,5 unité.

Une appréciation de la variation de la flore microbienne entre unités étuvées et non étuvées.

Soit n le nombre de micro-organismes dénombrés sur 20 champs microscopiques observés sur une boîte incubée, et n_0 le nombre de micro-organismes dénombrés sur une boîte non incubée, le rapport n/n_0 doit être inférieur à 100.

Nota. — 1, Ce rapport apparemment élevé n'a pas pour but de tolérer une multiplication même modérée des micro-organismes. Il n'est établi à cette valeur qu'en raison de l'inconstance de la reproductibilité de l'examen bactérioscopique.

2. En cas de doute, et notamment lors du contrôle de certains produits de la pêche, un examen bactériologique conduit avec toute la rigueur technique requise est effectué.

3. En cas de litige.j peut être fait application des normes Afnorv 08-401 et v 08-402 relatives aux contrôles de la stabilité des conserves.

Compte tenu du faible investissement de deux étuves, nous conseillons fortement aux sociétés diffusant sur le marché des conserves à base de produits de la mer de pratiquer elles-mêmes ce premier contrôle.

A la suite du passage en étuve, les déformations qui peuvent éventuellement apparaître sont de trois origines différentes. Il peut s'agir de déformations dues à une altération d'origine microbienne, à une modification de nature chimique ou à des déformations d'origine physique. Suivant l'origine et l'intensité du phénomène, nous différencions la boîte floche, bombée, fuitée ou présentant des becquets.

Par différence à une boîte « normale » qui ne présente pas de défaut majeur, une boîte est dite « **floche** » lorsque ses deux fonds, ou l'un d'entre eux, présentent une légère convexité qui disparaît sous la pression des doigts mais réapparaît lorsque cette pression cesse. Est dite « floche » aussi une boîte dont un seul des fonds présente une légère convexité qui disparaît sous la pression des doigts mais se transmet au fond opposé.

Le flochage se produit souvent dans le cas de mise en boîte de produits qui ont commencé à fermenter. La stérilisation bien menée peut arrêter l'action microbienne, mais provoque un dégagement des gaz préformés. Il en est de même lorsque l'on effectue la mise en boîte à froid de certains produits tels que les mousses, les soupes et tous ceux qui renferment

beaucoup de gaz dans leur masse. Nous retrouvons là l'intérêt d'empoter à chaud et de prendre soin de préserver « l'espace libre » et de le transformer en « espace vide » (18). Même dans ces conditions idéales, il faut se méfier des produits très émulsionnés types mousses, beurres, etc., qui en plus de ces conditions, demanderaient une préparation par cutterage sous vide.

Comme cause de flochage, citons aussi les produits qui comportent une quantité importante de calcaire (bisque de crabe, de homard, de crevette, de langoustine, moules farcies en soupe). En effet, à pH acide, une attaque du calcaire provoque une apparition de gaz (gaz carbonique et autres) qui forcent sur les fonds ou sur les capsules dans le cas d'emballage en verre.

Une boîte est dite « **bombée** » lorsque les deux fonds (ou l'un des fonds) se sont déformés sous l'action d'une pression intérieure en prenant une forme convexe plus ou moins accentuée et lorsqu'ils ne peuvent pas reprendre leur position normale même sous une forte pression (16).

Une boîte est dite « **fuitée** » lorsqu'elle présente un défaut d'étanchéité visible ou mis en évidence par les examens prescrits par les normes. Enfin, le becquet est une déformation permanente des fonds ou du couvercle dans le cas d'un emballage en verre. Il est généralement provoqué par une surpression interne trop importante surtout au cours de la phase de refroidissement-détente.

L'altération microbienne a deux sources principales :

1) Une recontamination après stérilisation par défaut d'étanchéité. Dans le cas les symptômes apparaissent relativement vite sauf pour le cas particulier du surissement sans bombage « Fiat sour » qui se traduit par une acidification du milieu (9) et que l'on rencontre dans les conserves de soupes et de bisques (4).

Normalement, une telle altération met de quelques heures à quelques jours à se déclarer. Elle peut résulter d'un défaut d'étanchéité dû à de mauvaises conditions de fermeture (chapitre VII) mais aussi à une méconnaissance des principes fondamentaux de travail. Les accidents les plus fréquents que nous constatons en pratique se situent au stade du refroidissement. Lorsqu'il est conduit de façon trop rapide, la différence de température entre le fluide et le contenu trop importante induit des différences de pression supérieures à la résistance de l'emballage.

Pour éviter de soumettre les boîtes ou les bocal, à des efforts excessifs susceptibles d'entraîner des déformations permanentes des fonds (becquets) et de nuire à l'étanchéité des serts, il faut tout au long de la détente prendre soin de toujours maintenir une pression dans l'autoclave (contre-pression) capable de s'opposer à la pression du récipient.

2) Une contamination imputable à la survie de micro-organismes. Celle-ci peut avoir deux causes :

- une mauvaise application du barème de stérilisation (température, durée).
En effet, si pour une raison quelconque (chute de pression de vapeur,

coupure de gaz, d'électricité, etc.) la température de stérilisation baisse de plus de 1°C (+ - 1°C), ne serait-ce que pendant quelques minutes, la valeur stérilisatrice effective ne sera plus celle attendue, mais plus faible d'où risque d'accident. Pour plus de sécurité, il est conseillé dans le cas de baisse notable de température au cœur de l'emballage de reprendre à son début le palier de stérilisation (9).

L'examen microbiologique effectué sur les échantillons (tableaux 3 et 4) en cause, rend compte de la qualité hygiénique du produit. Celle-ci dépend de l'état de fraîcheur du poisson, ou plus généralement du produit, au moment du traitement, ainsi que de la qualité des autres substances utilisées (3). Dans la mesure où l'altération du poisson est principalement un phénomène bactériologique, il est logique de penser que la qualité hygiénique du produit est en relation étroite avec sa qualité bactériologique. Même si les résultats des analyses bactériologiques reflètent plus la qualité du traitement et du stockage que celle de la matière première, il n'en demeure pas moins vrai que la présence de germes fécaux témoigne d'un manque d'hygiène flagrant dans la fabrication. La présence de germes qui provoquent des maladies est inacceptable et justifie une saisie des productions correspondantes. C'est d'ailleurs pour cela que la législation impose l'apposition de la date de fabrication d'une conserve. Si l'analyse s'avère désastreuse, l'industriel a tout intérêt à voir détruire une partie de son stock, mais surtout la connaissance du lot permet aux services compétents de retirer de la vente des produits à hauts risques pour le consommateur (voir tableaux 3 et 4).

L'incubation, préliminaire à l'examen microbiologique, a pour but :

- de permettre la germination des spores;
- de favoriser la multiplication des formes végétatives en les plaçant dans les conditions thermiques idéales à leur développement;
- d'évaluer la stabilité du produit : la multiplication des micro-organismes entraîne l'apparition de signes qui échappent lors de l'examen initial (flat-sour, bombage). Une variation du pH supérieure à 0,5 unité indique une instabilité du produit. L'incubation à 37°C pendant 7 jours permet la recherche des germes mésophiles. Pour les produits non acides dont le pH est supérieur à 4,5, deux boîtes sont également incubées à 55°C pendant 7 jours afin de mettre en évidence la présence de bactéries thermophiles strictes (ne se développant pas au-dessous de 40°C) et de bactéries thermophiles facultatives (se développant à 37°C mais plus lentement).

L'altération due aux bactéries sporulées thermophiles peut conduire :

- au phénomène de Flat sour déjà évoqué. Dans ce cas, le responsable est *Bacillus stearotherophilus*.
- à une putréfaction aux productions de H₂S due à une bactérie sporulée anaérobie putride, *Clostridium nigrificans*, qui figure parmi les thermo-

philes les moins résistants. Cela démontre que le traitement thermique a été particulièrement insuffisant. La production de H₂S entraîne un bombage de la boîte, parfois avec noircissement du produit. L'odeur d'œuf pourri est caractéristique.

- bombage sans H₂S dû au développement de spores anaérobies thermophiles très gazogènes (H₂ et CO₂) principalement dans les conserves à pH > 4,5 favorisé par un entreposage à température élevée (pays chauds). Le bombage très important peut aller jusqu'à l'explosion. Le produit est fermenté, aigre à odeur butyrique.

L'altération due aux bactéries sporulées mésophiles apparaît surtout dans les produits acides où le chauffage est moins intense. Ces bactéries relativement thermorésistantes survivent si le traitement thermique est défectueux. Nous pouvons avoir :

- un bombage avec fermentation du type butyrique le produit est fermenté avec acidification et libération abondante de H₂ et CO₂ dus à des *Clostridium* saccharolytiques.
- un bombage avec putréfaction : le produit est partiellement digéré et dégage une odeur putride. Les *Clostridium* protéolytiques, les *Clostridium putréfaciens* ou *Clostridium botulinum* font partie de ce groupe. Une faible prolifération de ce dernier, sans altérations visibles suffit à le rendre très dangereux du fait de l'extrême virulence de sa toxine.

L'altération due aux bactéries non thermorésistantes résulte :

- d'une défaillance importante du traitement thermique. Se développent alors *Streptococcus thermophilus* et certaines espèces de *Micrococcus* et *Lactobacillus*. Ils provoquent un surissement avec ou sans gaz;
- d'une pénétration consécutive au traitement thermique facilitée par un défaut de sertissage, une dégradation des boîtes (chocs, porosité, becquets, etc.). Des précautions sont nécessaires pendant la phase de refroidissement : l'eau javellisée peut être conseillée dans certains cas. Si des conformes parviennent à s'infiltrer dans la boîte, il y a fermentation acide avec dégagement de gaz et bombage.

L'altération peut être aussi d'origine chimique. Qu'il s'agisse de corrosion, de modifications liées à la composition du produit (produits calcaires voir plus haut), de modifications liées à la présence de métaux ou de métalloïdes ou de modifications par brunissement non-enzymatique (9), le produit fini est inconsommable.

Seule une analyse chimique peut permettre de définir l'origine de l'altération en cause (tableau 23). Par exemple, l'acidité du produit peut avoir une influence sur le métal de la boîte (étain, fer). Il y a alors formation de H₂.

Le contenu de la conserve n'est pas avarié mais son aspect et son goût peuvent être modifiés. Ce phénomène, favorisé par un stockage à haute

température (pays chauds) et par une mauvaise qualité des boîtes, tend à disparaître avec l'utilisation quasi générale et la qualité des vernis protégeant le métal.

L'examen chimique effectué sur les échantillons doit comporter le dosage de substances qui répondent aux quatre critères suivants :

- ne pas exister dans le poisson à l'état vivant;
- apparaître assez sensiblement pour que leur détermination puisse être caractéristique d'une évolution de la qualité;
- ne pas être labiles, ni former des complexes avec les autres constituants, ni réagir avec l'emballage;
- apparaître dans la quasi totalité des animaux marins en cours d'altération.

Ces substances dosées le plus souvent et dont la teneur a été retenue comme étant caractéristique de l'état de fraîcheur sont les bases azotées volatiles et la triméthylamine (TMA). Ce dosage, effectué par la méthode de CONWAY, permet donc d'apprécier la qualité des produits analysés.

En ce qui concerne le cas particulier des thons, l'examen chimique outre celui de l'ABVT classique est complété par un dosage d'Histamine soit par chromatologie sur couche mince (CCM), soit par fluorimètre. L'histamine qui se forme par décarboxylation de l'histidine, peut être la cause d'intoxications très graves chez l'homme, d'où l'intérêt d'un dépistage analytiquement.

En dehors de ces produits, l'analyse chimique de contrôle comporte suivant les types de conserves, des dosages d'eau, de cendres, de chlorure de sodium, de graisses, de phénols, d'hydrocarbures, de métaux lourds, d'antiseptiques, de colorants, de gaz, etc. Ces derniers apportent des informations utiles à la détermination de la nature et à l'origine d'une altération éventuelle (18).

La présence de dioxyde de carbone (CO_2) témoigne le plus souvent d'une prolifération de micro-organismes intervenue avant ou après la stérilisation, parfois aussi d'une réaction chimique entre composants du produit (brunissement non enzymatique, décomposition de carbonates). Une concentration en oxygène (O_2) de plus de 2 à 3 % est généralement l'indice d'un défaut d'étanchéité du récipient. La présence d'hydrogène (H_2) provient généralement de la corrosion d'un composant métallique du récipient, parfois de la prolifération de certains micro-organismes. Enfin, la connaissance du volume d'azote (N^2) permet de calculer le volume d'air inclus.

Si le récipient est étanche, cet air est l'air « initial » qui a été emprisonné dans le récipient au moment du sertissage, mais dont l'oxygène a pu disparaître ultérieurement par réaction chimique avec le produit.

Si compte tenu des dimensions du récipient et de la nature du produit, le volume d'air apparaît comme anormalement élevé, une ou plusieurs des hypothèses suivantes sont à envisager (14) :

aspecti extérieur emballage	examen microscopique direct	résultats des cultures microbiologiques				pH du produit	vérification étanchéité emballage	analyse des gaz du récipient	diagnostic
		32 °C (mésophiles)		55 °C (thermophiles)					
		thermo- labiles	thermo- résistants	thermo- labiles	thermo- résistants				
normal	More micro- bienne normale	- (absence)	-	-	-	normal	étanche	quelques % CO ₂	produit normal = stabilité biologique
normal	nombreux bacilles parfois sporulés	-	-	-	+ sans gaz	acidifié	étanche	quelques % CO ₂	survie de thermophiles thermorésistants et acidifiants (surréchauffement sans bombage) ou producteur d'H ₂ S (De- sulfotomaculum nigrificans)
normal	nombreux cocci	+ sans gaz	-	-	-	± broilé	fuites	quelques % CO ₂	recontamination après stérilisation par flore thermolabile non gazeuse, type streptococci homofermentaires (rare)
normal ou bombé	nombreux bacilles parfois sporulés	-	+ avec ou sans gaz	-	+ avec ou sans gaz	anormal le plus souvent	fuites	quelques % CO ₂ ou beaucoup de CO ₂	possibilité recontamination après stérilisation par flore thermorésistante mésophile ou thermophile (très rare)
bombé	nombreux bacil- les et cocci, flore hétérogène	+ avec gaz	-	-	-	anormal	fuites	beaucoup CO ₂	recontamination après stérilisation par flore banale (eaux...)
bombé	nombreux bacil- les et cocci, flore hétérogène, parfois spores	+ avec gaz	+ avec gaz	+ avec gaz	+ avec gaz	anormal	étanche	beaucoup CO ₂	défaut grossier de stérilisation, ou absence totale (très rare)
bombé	nombreux bacilles parfois sporulés	-	+ avec gaz	-	-	anormal	étanche	beaucoup CO ₂	barème de stérilisation insuffisant, ou charge initiale excessive → survie Bacillus ou Clostridium mésophiles thermoré- sistants
bombé	nombreux bacilles parfois sporulés	-	-	-	+ avec gaz	acidifié	étanche	beaucoup CO ₂ et H ₂	barème de stérilisation insuffisant, ou charge initiale excessive → survie clostridium thermophiles thermoré- sistants, type Cl. thermosaccharolyticum
bombé	flore abondante hétérogène	-	-	-	-	acidifié	fuites	beaucoup CO ₂	recontamination après stérilisa- tion puis autolyse de la flore mi- crobienne
normal	flore abondante homogène	-	-	-	-	acidifié	étanche	variable	survie de thermophiles thermoré- sistants et acidifiants, puis autolyse

- signifie absence + signifie réponse positive

Tableau 33 — Interprétation schématique des résultats de l'examen microbiologique Réf. (8).

forte acidification
du produit entraî-
nant une auto-stéri-
lisation

aspect extérieur récipient	éppaiiion défaut	analyse des gaz	vérification étndiélió recipien!	état intérieur récipient (cas des boîtes métalliques)	nature incident
déformé ou bombé	bombage lent	beaucoup d'hydrogène	éta riche	Corrosion : - désétamage fer-blanc nu - corrosion du métal (fer-blanc ou alu) sous le vernis	Nature chimique : agressivité du produit (par exemple : pH acide, nitrates, SO ₂ , oxyde de triméthylamine... ou autres accélérateurs de corrosion)
- id -	bombage lent	beaucoup d'hydrogène et beaucoup d'azote	blanche	- id -	air en excès dans le récipient à la fermeture de celui-ci
- id -	variable	oxygène \leq 2 % environ + hydrogène	étanche	- id -	pénétration d'air par microfuite (sertis défectueux, ou microperforation du métal)
- id -	rapide	oxygène $>$ 2 % environ et beaucoup d'azote, pas d'hydrogène peu de CO, (qq %)	étanche	normal	air en excès dans le récipient (air dans l'espace libre, et/ou air occlus dans le produit) → déformation en cours de stérilisation
- id -	rapide	pas d'hydrogène, peu de CO ₂ (qq %), pas d'O ₂ \leq 2 %)	étanche	normal	<ul style="list-style-type: none"> remplissage excessif conduite anormale en cours de stérilisation → déformation en cours de stérilisation
- id -	variable	beaucoup de CO ₂ pas d'hydrogène	blanche	normal	- gaz carbonique en excès dans le récipient : 1- produit initialement trop chargé en micro-organismes, néanmoins stabilisé par le barème de stérilisation appliqué → déformation en cours de stérilisation 2- réactions chimiques entre composants du produit et libération de CO ₂ : <ul style="list-style-type: none"> décomposition de carbonates = bombage rapide réaction de dégradation (brunissement non enzymatique, réaction de Maillard) = bombage lent 3- (vérifier également, si beaucoup de CO ₂ , l'absence de micro-organismes revivifiables, voir les analyses microbiologiques)

Tableau 34 — Exemples de défauts imputables à des causes de nature physique ou chimique (cas des conserves en boîtes métalliques). Réf. (9).

- remplissage insuffisant,
- remplissage et fermeture à température trop basse,
- désaération insuffisante (mousse, beurre, etc.),
- récipient non étanche.

Trop d'air peut induire une déformation mécanique de l'emballage en une corrosion intérieure des composants métalliques de ce dernier ce qui entraîne un dégagement d'hydrogène.

Outre les altérations d'origine chimiques et microbiologiques, il nous faut citer celles qui résultent des modifications de l'aspect extérieur des emballages et en particulier des déformations mécaniques consécutives à des chocs ou à l'emploi d'emballages et de joints non appropriés.

Les erreurs de manipulation sont souvent responsables des constaminations que l'on note dans l'industrie (tableau 24). Citons :

- l'autoclave insuffisamment purgé d'air lorsque le manipulateur se fie au manomètre (importance d'un thermomètre à mercure);
- remplissage trop important dans le cas d'une stérilisation à l'eau. La couche supérieure subit des surpressions différentes de celles subies par les couches immergées;
- présence de condensation dans un autoclave à stérilisation vapeur, ce qui crée deux milieux de stérilisation différents. Le milieu eau étant toujours à une température inférieure, les couches inférieures ne bénéficient pas du traitement recherché;
- différence de vecteur chauffant entre l'autoclave et la poche thermopétrique;
- attente trop importante avant l'autoclave et baisse de la température interne de la conserve. Si la température est plus basse que prévu, le produit met plus longtemps à atteindre les températures stérilisatrices et le traitement thermique en est réduit d'autant;
- boîte trop remplie, ce qui empêche la pénétration de chaleur par convection s'il s'agit d'un produit liquide ou semi-liquide. Dans ce cas, la valeur stérilisatrice recherchée n'est pas atteinte.

Quelque soit la cause, toute boîte déformée doit être éliminée même si elle n'est pas obligatoirement contaminée.

En conclusion, les conditions d'optimisation d'un produit destiné à être consommé par l'homme sont :

- 1) Contrôle de l'atelier.
- 2) Contrôle de la matière première. Celle-ci sera soumise aux analyses microbiologiques et chimiques déjà énoncées. Lorsqu'il s'agit de produit de la mer, ces analyses seront complétées par une analyse sensorielle (Tableaux 7, 8, 9).
- 3) Contrôle de la technologie de transformation.
- 4) Contrôle du produit fini.



Préparation de thon pour la mise en conserve (O. Barbaroux/IFREMER)

RÉFÉRENCES

1. CREPEY (J. R.), MAILLARD (J.), 1974. - La décongélation du poisson. - *Science et Pêche*, n° 232, 23 p.
2. ANONYME, 1979. - Critères microbiologiques relatifs aux semi-conserves à base de denrées animales ou d'origine animale. — Journal Officiel; Arrêté du 21 décembre 1979, n° 80-9.
3. MICHEL (Cl.) et RAVOUX (G.), 1972. - Méthodes et techniques d'appréciation de la qualité du poisson et des produits à base de poisson. Garanties offertes aux consommateurs. — *Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire*, Vol. 60, n° 5, pp. 363-376.
4. CHEFTEL (H.) et THOMAS (G.), 1963. - Principes et méthodes pour l'établissement des barèmes de stérilisation des conserves alimentaires. - EtsCARNAUD, *Bulletin* n° 14, 60 p.
5. CHAMBERLAIN (P.), CHEFTEL (H.), THURILLOT (M.L.L.), BOURDEAU (R.), 1949. — La pression intérieure dans les boîtes de conserves et ses variations pendant la stérilisation. - Ets CARNAUD. *Bulletin* n° 3, 3TM édition, 54 p.
6. CARDON (P.), (non date). — Le verre dans l'industrie alimentaire. — Saint-Gobain Emballages.
7. DUROCHERC), MAILLET (J.), ELLMANN (J.), NGUYEN TIET HONG, 1967. - Incidences de la température initiale sur la valeur stérilisatrice du traitement thermique appliqué. — *Revue de la Conserve agricole*, Institut Appert, n° 4, pp. 1-5.
8. NICOLLE (J.P.) et KNOCKAËRT (C), 1983. - Fabrication d'une soupe de poisson. - *Science et Pêche*, n° 232, 18 p.
9. AFNOR, 1982. — Défauts et altération des conserves. — Nature et origines.
10. ANONYME, (non daté). — Le sertissage des boîtes pour conserves. — Publication des Ets CARNAUD.
11. DIONISI (Y.), 1984. — Les différents types d'emballages : incidence sur la qualité du produit fini. Les emballages aluminium. Séminaire de l'Institut de Chimie Analytique et du Contrôle de la Qualité. Marseille. - Publication CEBAL, 6 p.
12. INSTITUT APPERT, (non daté). - Barèmes de stérilisation pour aliments appertisés. - Recueil à pagination variable.
13. GAIGNOUX (D.), 1965. — La stérilisation sous régime d'agitation. — *Revue de la Conserve*, n° 7, pp. 213-221.
14. PINEL (M.), 1980. - Optimisation des barèmes de stérilisation. — *La Bretagne agro-alimentaire*, Publication ADR1A, n° 2, pp. 6-14.
15. DURAND (H.), 1977. - Etablissement d'un barème de stérilisation de conserves par ordinateur. - Rapport Interne ISTPM.
16. AFNOR, 1976. - Normes. - Volume 401 (1^{er} édition).
17. CCE, 1973. — Journal Officiel des Communautés Européennes du 31 janvier 1973. Règlement 455/73.
18. ANONYME, 1973. - Réglementation des conditions d'hygiène applicables dans les lieux de vente en gros des produits de la mer et d'eau douce. — Arrêté du Journal Officiel du 24 novembre 1973 (cf. Annexe).

A N N E X E S

1. Réglementation des conditions d'hygiène applicables dans les lieux de vente en gros des produits de la mer et d'eau douce

(J.O. du 24.11.1973)

Réglementation des conditions d'hygiène applicables dans les établissements dans lesquels sont préparés ou transformés des produits de la mer et d'eau douce.

Le ministre de l'agriculture et du développement rural et le ministre des transports,

Vu le décret n° 67-225 du 31 mars 1967 portant règlement d'administration publique pour l'application des articles 268, 259 et 262 du code rural relatif à l'organisation et au fonctionnement de l'inspection sanitaire et qualitative des animaux et des denrées «nimbles ou d'origine animale» ;

Vu le décret n° 71-636 du 21 juillet 1971 pour l'application des articles 258, 259 et 252 du code rural et relatif à l'inspection sanitaire et qualitative des animaux vivants et des denrées animales ou d'origine animale ;

Vu le décret du 20 août 1939 relatif à La salubrité des huîtres, moules et autres coquillages ;

Vu le décret n° 55-241 du 10 février 1955 portant règlement d'administration publique pour l'application, en ce qui concerne le commerce des conserves et semi-conserves alimentaires, de la loi du 1^{er} août 1905 modifiée et complétée sur la répression des fraudes ;

Vu le décret n° 60-1524 du 30 décembre 1960 sur la contrôle de la fabrication des conserves et semi-conserves de poissons, crustacés et autres animaux marins ;

Vu le décret n° 64-519 du 9 septembre 1964 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les produits surgelés pour l'application de la loi du 1^{er} août 1905 sur la répression des fraudes ;

Vu le décret n° 67-769 du 6 septembre 1967 relatif à l'exercice de la profession de mareyeur expéditeur,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. — Les conditions d'hygiène réglementées dans le présent arrêté sont applicables dans tous les établissements dans lesquels sont préparés, traités, transformés ou entreposés, sous quelque forme que ce soit, des produits de la mer et d'eau douce, à l'exception toutefois des établissements de conditionnement et d'expédition des huîtres, moules et autres coquillages définis à l'article 3 du décret du 20 août 1939 susvisé.

Au sens du présent arrêté :

a) Les produits de la mer et d'eau douce comprennent tous les animaux ou parties d'animaux marins ou d'eau douce ainsi que les grenouilles et escargots, destinés à être livrés au public en vue de la consommation humaine. Les produits frais sont les produits qui ne sont pas présentés à l'état vivant et qui n'ont subi aucun traitement de nature à assurer leur conservation à l'exception de l'action du froid au-dessous de leur point de congélation.

b) Les établissements comprennent notamment les établissements de mareyage, les établissements de coquillages et semi-conserves, les établissements de salage, séchage et fumage, les établissements de congélation ou de réfrigération.

Les dispositions du présent arrêté s'appliquent aux locaux situés aux établissements de coquillages et semi-conserves, des produits de la mer et d'eau douce. Elles ne s'appliquent pas aux établissements frigorifiques publics ni aux établissements ou parties d'établissements dans lesquels les produits de la mer et d'eau douce sont exposés à la vente, mis en vente ou vendus, conformément à la réglementation en vigueur.

Section 1. — CONDITIONS D'HYGIÈNE RELATIVES AUX LOCAUX
ET AU MATÉRIEL.

Art 2. — Les dispositions prévues à la présente section sont applicables dans tous les établissements sans exclure les conditions relatives à l'aménagement des locaux et l'équipement en matériel énoncées dans le règlement annexe au décret n° G7-769 du 6 septembre 1937 susvisé pour ce qui concerne les ateliers de mareyage.

Chapitre I". — Conditions relatives à l'aménagement des locaux et à l'équipement en matériel.

Art. 3. — Les locaux et annexes sont de dimensions suffisantes afin que les activités professionnelles puissent s'y exercer dans de bonnes conditions d'hygiène convenables, ils sont conçus de façon à éviter le croisement du circuit propre et du circuit souillé.

Leur hauteur sous plafond est en rapport avec la superficie au sol et dans tous les cas au moins égale à deux mètres cinquante.

Les locaux sont construits de telle façon que la température à l'intérieur soit compatible avec la bonne conservation des produits visés à l'article 1" quelle que puisse être notamment la température extérieure.

Art. 4. — Les installations sont conçues de telle sorte que soient évitées les pollutions à l'intérieur des locaux et annexes, notamment celles provoquées par le vent, les afflux d'eau, les insectes et les rongeurs.

Les locaux et annexes ne doivent pas communiquer directement avec des cabinets d'aisances ou des salles d'eau.

Des locaux ou emplacements particuliers sont réservés pour :

L'entreposage des emballages et conditionnements ;

La réception et l'entreposage des matières premières ;

La préparation et le traitement des produits, avec éventuellement un local ou emplacement particulier pour la congélation ou la transformation ;

Le conditionnement ou l'emballage des produits finis ;

La dépôt momentané des récipients contenant des déchets.

Art. 5. — Le sol, les murs et les cloisons, jusqu'à une hauteur d'au moins un mètre soixante-quinze, sont constitués ou revêtus de matériaux résistants aux chocs, imperméables, imputrescibles, faciles à laver, à nettoyer et à désinfecter. Si des éléments juxtaposés sont utilisés, ils sont jointoyés de manière à assurer l'étanchéité aux liquides.

Les angles de raccordement des murs et cloisons entre eux et avec le sol sont aménagés en forme arrondie.

La pente du sol est réglée de façon à diriger les eaux résiduelles ou de lavage vers un orifice d'évacuation, muni d'un siphon et d'un siphon avec raccordement à l'égout public chaque fois où il existe.

Lorsque les locaux ne sont pas desservis par le réseau d'égout public, les eaux usées sont collectées et évacuées de telle sorte qu'en aucun cas elles ne constituent un risque d'insalubrité pour les produits.

Art. 6. — Les locaux sont aménagés de telle sorte que l'aération et la ventilation permettent l'évacuation rapide des odeurs, fumées, buées ou vapeurs, sans provoquer de gêne ou d'insalubrité pour le voisinage.

Les locaux sont pourvus d'un éclairage suffisant, naturel ou artificiel, ne modifiant pas les couleurs.

Art. 7. — Les locaux sont approvisionnés en eau potable sous pression. Les prises d'eau sont en nombre suffisant et convenablement disposées pour assurer le nettoyage du sol, des murs, du matériel, ainsi que le lavage des produits visés à l'article 1".

Toutefois, les locaux peuvent comporter une adduction d'eau de mer sous pression à condition que cette eau ne puisse pas nuire à la qualité ou à la salubrité des produits.

Les tuyauteries d'eau froide sont éventuellement aménagées de telle sorte que l'eau de condensation ne puisse s'écouler sur les produits.

Art. 8. — Les locaux ne doivent pas renfermer de tuyaux d'évacuation d'eaux usées ou pluviales ou aboutissant à des fosses d'aisances, à moins que ces tuyaux n'entraînent aucun risque de pollution.

Des vestiaires, lavabos et des cabinets d'aisances sont prévus proportionnellement à l'importance numérique du personnel. Les cabinets d'aisances ne doivent pas communiquer directement avec les locaux de travail et annexes.

Des lavabos sont placés ; il y a des cabinets d'aisances et, autant que possible, à l'entrée de ces lieux de travail.

Les lavabos sont pourvus d'eau courante chaude et froide ainsi que des produits nécessaires à la désinfection des mains. Ils sont munis d'essuie-mains à n'utiliser qu'une fois.

Art. 9. — Dans les établissements, à l'exception de ceux dans lesquels sont exclusivement traités les anchois, doivent disposer d'un ou plusieurs locaux de froid dont la capacité doit permettre au minimum l'entreposage d'une quantité de produits correspondant à la capacité journalière de l'établissement. Le revêtement intérieur est constitué ou revêtu de matériaux résistant aux chocs, imperméables, imputrescibles, faciles à laver, à nettoyer et à désinfecter. Si des éléments juxtaposés sont utilisés, ils sont jointoyés de manière à assurer l'étanchéité aux liquides.

Les installations de froid doivent être conçues de telle sorte que la température intérieure soit en tous points :

Inférieure ou au plus égale à -18°C si les produits entreposés sont congelés ou surgelés ;

Comprise entre 0°C et -2°C si les produits entreposés sont réfrigérés.

Ces installations de froid sont munies d'un thermomètre enregistreur dont le cadran est placé de façon à être consulté facilement.

La partie thermosensible du thermomètre est placée dans la zone la plus éloignée de la source de froid et à une hauteur correspondant à la hauteur maximum de chargement des denrées.

Les graphiques d'enregistrement sont classés par ordre chronologique et gardés pendant un délai d'au moins trois mois à la disposition des agents chargés du contrôle.

Art. 10. — Tous les matériaux susceptibles d'être en contact avec les produits visés à l'article 1^{er} doivent satisfaire à la réglementation en vigueur concernant les matériaux au contact des aliments.

Les tables, surfaces de découpage, récipients, ustensiles et appareillage divers sont constitués ou revêtus d'un matériau imperméable, lisse, imputrescible, résistant aux chocs, facile à nettoyer et à désinfecter.

Art. 11. — Les appareils dégagant de la chaleur ou des huiles sont conçus et installés de telle sorte que ces émanations puissent être évacuées rapidement sans constituer une source d'altération pour les denrées.

Les appareils de stérilisation sont munis d'enregistreurs de température. Les graphiques d'enregistrement sont classés par ordre chronologique et gardés pendant un délai d'au moins trois mois à la disposition des agents chargés du contrôle.

Art. 12. — Les récipients ou emballages ou conditionnements utilisés pour l'expédition ou l'entreposage des produits visés à l'article 1^{er} sont conçus de telle sorte qu'ils assurent la préservation et la conservation des produits dans des conditions satisfaisantes et notamment

qu'ils permettent d'éviter, le cas échéant, que l'eau de fusion de la place séjourne au contact des produits. Au moment de leur utilisation, ils doivent être en parfait état de propreté.

Chapitre II. — Conditions relatives à l'utilisation et à l'entretien des locaux et du matériel.

Art. 13. — Les locaux et leurs annexes ne doivent en aucun cas servir à l'habitation ni être utilisés comme garages ou vestiaires.

Ils ne doivent pas contenir d'objets ou de produits susceptibles de transmettre aux denrées des propriétés nocives ou de caractères «normaux».

La présence des animaux domestiques, et notamment des chiens, est interdite.

Art. 14. — Le sol est nettoyé et lavé chaque fois que de besoin et en particulier à l'issue de chaque journée de travail.

Les eaux de lavage ainsi que toute autre matière liquide ou solide ne sont pas déversées sur la voie publique.

Les murs, les cloisons ainsi que les plafonds sont entretenus de telle sorte qu'ils ne constituent pas une source de contamination pour les produits.

Art. 15. — Tous les matériaux susceptibles d'être en contact avec les produits visés à l'article V sont maintenus en bon état de propreté.

Le matériel, les tables et les récipients sont, après le travail quotidien, soigneusement neuoyés, désinfectés et rincés. Le petit matériel, tel que les couteaux, est entreposé, en dehors du temps de travail, dans un lieu propre à l'abri des souillures.

Les chambres froides sont maintenues en constant état de propreté et désinfectées chaque fois que de besoin.

Les produits utilisés pour le nettoyage et la désinfection de ces matériaux doivent être conformes à la réglementation en vigueur.

Les insecticides, désinfectants, ou toutes autres substances pouvant présenter une certaine toxicité sont entreposés dans des locaux ou armoires fermant à clé. Ils sont utilisés sans risquer de contaminer les produits,

Section 2. — CONDITIONS D'HYGIÈNE RELATIVES AUX PRODUITS

Chapitre I'. — Conditions relatives à l'utilisation et à l'entretien des locaux et du matériel.

Art. 16. — Les produits visés à l'article 1' sont constamment placés dans des conditions d'hygiène permettant d'assurer leur protection et leur bonne conservation.

Les produits frais qui ne sont pas en cours de préparation sont maintenus à une température comprise entre 0 °C et 4 °C.

Les produits ayant subi une cuisson sont refroidis le plus rapidement possible, notamment dans l'intervalle de température compris entre 4- 50 °C et - 10 °C. Cette disposition ne s'applique pas aux produits qui sont stérilisés dans les douze heures qui suivent la cuisson.

Les opérations de découpage ne doivent pas détériorer la qualité hygiénique des produits.

Les produits visés à l'article 1' entreposés à l'état vivant en eau de mer ou en eau douce doivent être protégés contre toutes les sources de souillures et d'infection, notamment contre celles qui sont susceptibles de provenir de l'eau.

Art. 17. — Les matières premières avariées, ainsi que celles dont le détenteur sait qu'elles contiennent des substances toxiques ou étrangères susceptibles de porter atteinte à la santé publique, doivent être éliminées du circuit de préparation des produits finis.

Les opérations préparatoires conduisant à l'obtention du produit fini, ainsi que les opérations de conditionnement et de conditionnement, doivent être réalisées selon une cadence qui permette la manutention rapide des produits en vue d'éviter toute contamination, altération ou croissance de micro-organismes indésirables ou dangereux.

Art. in. — Les subsiances de toute origine entrant dans la préparation ou la composition des produits visés à l'article 1" doivent être autorisées par la réglementation en vigueur et ne pas être susceptibles de porter atteinte à la sauté publique.

Lorsque les produits visés à l'article 1" sont lavés. l'eau utilisée doit être potable et courante. Toutefois, l'eau de mer courante peut être employée pour les produits marins à condition qu'elle ne puisse pas nuire à la qualité ou à la salubrité des produits.

La glace utilisée pour la réfrigération des produits visés à l'article 1" est fabriquée avec de l'eau potable. Toutefois, l'eau de mer peut être utilisée à condition que la glace d'eau de mer ainsi obtenue ne puisse pas nuire à la qualité ou à la salubrité des produits. La glace est répartie de façon à permettre et à maintenir une réfrigération efficace et homogène des produits : les morceaux de glace utilisés ne doivent pas risquer de les détériorer.

Art. 19. — Les produits visés à l'article 1" sont tenus à Tabri des souillures et manipulés de façon à éviter qu'ils soient meurtris. Les produits frais sont soustraits à l'action du soleil ou de toute source de chaleur.

Ils ne doivent pas être en contact direct avec le sol.

L'utilisation d'instruments piquants est tolérée pour la manipulation des poissons de grande taille, à condition que la chair de ces produits ne soit pas détériorée.

Art. 20. — A défaut d'un dispositif particulier mis en place en vue de l'évacuation continue des déchets, ceux-ci, dans tous les établissements, sont placés dans des récipients étanches, faciles à nettoyer et à désinfecter, munis d'un couvercle à fermeture jointive et entourés extérieurement d'une bande horizontale de peinture jaune de 5 cm de largeur au moins. Sitôt après leur remplissage, ces récipients sont fermés.

Les récipients contenant les déchets sont évacués au minimum à l'issue de chaque journée de travail, sur un emplacement ou dans un local isolé prévu à cet effet.

Les récipients sont soigneusement nettoyés et désinfectés après leur utilisation.

Chapitre II — Conditions particulières applicables dans les établissements de mareyage.

Art. 21. — Les poissons présentés à l'état frais doivent subir, autant que de besoin, un lavage préalable à l'eau courante avant leur emballage. Toute éviscération est suivie d'un lavage soigneux. Dans tous les cas, les thons sont éviscérés avant expédition.

Art. 22. — Les produits frais visés à l'article 1" doivent être, en vue de leur expédition, placés sous glace et dans des emballages en bon état de propreté.

Toutes précautions sont prises pour que l'eau de fusion ne séjourne pas au contact des produits et notamment dans la partie ventrale des poissons éviscérés.

Au moment de l'emballage des produits frais en vue de leur expédition, la quantité de glace à utiliser dans chaque récipient doit être telle que lors de leur prise en charge à l'issue du transport par le destinataire la température interne des produits soit comprise entre 0 °C et + 2 °C.

Lorsque les produits frais ne sont pas expédiés le jour même de débarquement, ils sont entreposés sous glace dans la chambre froide de rétablissement. La quantité de glace doit être telle que la température des produits soit maintenue entre 0 °C et - 2 °C.

Les dispositions prévues au présent article s'appliquent aux envettes et autres crustacés cuits ou non congelés. Dans ce cas, la glace utilisée pour la réfrigération ne doit pas être en contact direct avec les produits.

Art. 23. — Le réemploi des caisses en bois, après une première expédition, est interdit. Toutefois, il est autorisé pendant une période

de trois niii à compter d* la public.mon Ju promet arrête, qu'el' puiusnt vire reuuli-e-i"» a condition qu ••les soient e; bon état < [jropii'U" au i;iMiuMU dj ivnii'iiss.i'ê.

Chapitre III.— Conditions particulières *applicables dans les établissements de filetage.*

Art. 24. — Los poissons frais sont triés et lavés immédiatement avant le filetage.

Des précautions particulières sont prises pour éviter la contamination ou la souillure des filets. Les opérations de lavage, d'éviscération et de filetage sont effectuées sur des emplacements différents.

Pendant les opérations de fileage et d'emballage, la température interne des poissons frais ou des filets ne doit pas excéder + 7 °C.

Les filets préparés ne doivent pas présenter de caillots de sang, de fragments de viscères ou autres débris organiques. Ils ne doivent pas séjourner sur des tables de travail au-delà du temps nécessaire à leur préparation.

Art. 25. — Les filets frais sont isolés des parois du récipient d'emballage et de la glace éventuellement utilisée pour la réfrigération au moyen d'une pellicule protectrice.

Les filets destinés à être vendus à l'élite frais sont entreposés dès le moment de leur conditionnement jusqu'au stade de leur expédition de telle sorte que leur température interne puisse, dans les meilleurs délais, être abaissée et maintenue entre 0 °C et + 2 °C.

Chapitre IV. — Conditions particulières *applicables dans les établissements de congélation et de surgélation.*

Art. 26. — Les produits frais doivent subir autant que de besoin un lavage préalable avant la congélation. Le cas échéant, après élagage ou éviscération, les poissons sont lavés ou nettoyés de telle sorte que les résidus de viscères ou leur contenu soient totalement éliminés.

Les filets de poissons sont préparés dans les conditions prévues à l'article 24 ci-dessus.

Les htiitrcs, moules et autres coquillages utilisés comme matières premières sont accompagnés d'un certificat attestant la salubrité du lieu de production, conformément aux dispositions du décret 20 août 1939 susvisé. Ces certificats sont classés par ordre chronologique et gardés pendant un délai d'au moins trois mois à la disposition des agents chargés du contrôle.

Art. 27. — En vue de leur stabilisation par le froid, les produits visés à l'article 1° sont introduits dans un appareil conçu de telle sorte que soient réalisées les conditions prévues à l'article 1°, paragraphe d, du décret n° 64-949 du 9 septembre 1964 susvisé.

A la sortie de l'appareil de congélation, la température centrale des produits ne doit pas excéder -18 °C.

La température du lieu d'entreposage doit être inférieure ou au plus égale à -18 °C.

Les filets, tranches ou autres morceaux de poissons congelés ou surgelés sont protégés de l'oxydation et de la déshydratation soit par givrage, soit par une pellicule appropriée.

Chapitre V.— Conditions particulières *applicables dans les établissements de salage, séchage et fumage.*

Art. 28. — Le sel employé pour le traitement des produits de la pêche doit être propre et entreposé de telle sorte que soient évitées les sources de contamination.

Les poissons fumés, si la durée de leur séjour dans l'établissement excède deux jours, sont entreposés à une température ultérieure à -10 °C.

Chapitre VI. — Conditions particulières
applicables dans les usines de conserves et semcoisercs.

Art. 23. — Outre l'application des conditions d'hygiène prévues dans le décret du 30 décembre 1910 susvisé, et notamment en son article 22. les boîtes de conserves après stérilisation, si elles sont refroidies dans de l'eau, doivent être immergées dans de l'eau potable. Après refroidissement, les boîtes de conserves sont manipulées jusqu'à l'emballage en évitant les chocs brutaux. Les bandes transparentes ou tout autre dispositif servant à leur acheminement sont maintenues en bon état de propreté.

Art. 30. — Les semi-conserves sont entreposées à une température inférieure à $+ 15^{\circ}\text{C}$.

Section 3. — CONDITIONS D'HYGIÈNE RELATIVES AU PERSONNEL

Art. 31. — Le personnel affecté aux opérations de préparation, de transformation ou d'entreposage des produits visés à l'article 1^{er} est tenu sous la responsabilité de l'employeur d'observer la plus grande propreté corporelle et vestimentaire.

Les mains sont lavées et désinfectées plusieurs fois au cours d'une même journée, à chaque reprise du travail et après usage des cabinets d'aisances.

S'il est fait usage de gants, ceux-ci sont lavés et désinfectés plusieurs fois au cours du travail, obligatoirement changés chaque reprise du travail, nettoyés et désinfectés à la fin de chaque journée de travail.

Dans les locaux de filetage, de congélation, de surgélation et d'emboitage des conserves, le personnel doit porter des vêtements et des coiffures de couleur claire.

Il est interdit de fumer dans tous les locaux de travail et dans les locaux d'entreposage des produits frais ou congelés.

Section 4. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 32. — 1° Sous réserve des dispositions particulières prévues à l'article 33 ci-dessous, tout responsable d'un établissement visé à l'article 1^{er} du présent arrêté doit adresser au préfet départemental services vétérinaires du département où siège l'établissement une déclaration comportant les indications suivantes :

a) Pour les particuliers : l'identité et le domicile du demandeur le siège de l'établissement, la désignation et la composition des produits préparés ;

b) Pour les sociétés ou groupements de particuliers : la raison sociale, le siège social, la qualité du signataire, l'identité du responsable de la société ou du groupement, la désignation et la composition des produits préparés.

2° La déclaration doit en outre être accompagnée d'un plan d'ensemble de rétablissement à l'échelle de 1/200^e au minimum et d'une notice indiquant :

a) La description détaillée des locaux affectés à la réception et à l'entreposage des matières premières, à l'entreposage des emballages et conditionnements, à la préparation des produits, au conditionnement et à l'emballage, à l'entreposage des produits finis ;

b) La description du matériel utilisé ;

c) La capacité de stockage des matières premières et des produits finis, ainsi que le tonnage de la production journalière prévue.

3° Un récépissé de la déclaration ainsi qu'un numéro d'immatriculation de rétablissement est communiqué au déclarant.

4° La déclaration doit être renouvelée à chaque changement d'exploitant et lors de toute modification importante dans l'installation des locaux, leur aménagement, leur gros équipement et leur affectation.

Art. 33. — Les responsables des établissements de mareyage dans les ports de pêche et des établissements de conserves et de semi-conserves d'animaux marins, qui sont déjà tenus de faire une déclaration au ministre chargé des pêches maritimes, ne sont pas soumis à l'obligation d'adresser une déclaration au préfet de leur département. Il appartient, toutefois, au ministre chargé des pêches maritimes de communiquer au ministre de l'agriculture et du développement rural (direction des services vétérinaires) la liste de ces établissements déjà inscrits à la date de publication du présent arrêté, avec leurs caractéristiques et leur numéro d'immatriculation.

Les déclarations effectuées après la date de publication du présent arrêté devront être adressées au ministre chargé des pêches maritimes conformément aux dispositions prévues à l'article 32 ci-dessus. Un double de la déclaration ainsi que le numéro d'immatriculation est communiqué à la direction des services vétérinaires du ministère de l'agriculture et du développement rural.

Art. 34. — Les installations antérieures à la date de publication du présent arrêté ne répondant pas aux prescriptions prévues aux articles 3 à 11 inclus doivent faire l'objet de tous les aménagements nécessaires dans un délai maximum de trois ans à compter de la date de publication du présent arrêté.

A titre exceptionnel, et en cas de circonstances locales particulières, un délai supplémentaire n'excédant pas un an peut être accordé par le préfet après avis favorable, du conseil départemental d'hygiène publique.

Art. 35. — Le directeur des services vétérinaires et le chef du service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité au ministère de l'agriculture et du développement rural, le directeur des pêches maritimes au ministère des transports, le directeur de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes et les préfets sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'application du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 2 octobre 1971.

Le ministre (de l'agriculture et du développement rural),

Tout le ministre et par délégation :

Le chef de cabinet,

JACQUES TOUHON.

Le ministre des transports,

Pour le ministre et par délégation :

Le secrétaire général de la marine marchande,

JLKS VFL1TCIKUV1TC11.

MINISTÈRE DE LA MER

Règlementation des conditions d'hygiène applicables dans les établissements dans lesquels sont préparés ou transformés des produits de la mer et d'eau douce.

Le ministre de l'agriculture, le ministre de la mer et le ministre de la consommation,

Vu le décret n° 57.295 du 31 mai 1937 portant règlement d'administration publique pour l'application des articles 253, 259 et 262 du code rural et relatif à l'organisation et au fonctionnement de l'inspection sanitaire et qualitative de animaux et des denrées animales ou d'origine animale ;

Vu le décret n° 71.636 du 21 juillet 1971 pris pour l'application des articles 258, 260 et 262 du code rural et relatif à l'inspection sanitaire et qualitative des animaux vivants et des denrées animales ou d'origine animale ;

Vu le décret n° 55.241 du 10 février 1955 portant règlement d'administration publique pour l'application, en ce qui concerne le commerce des conserves et demi-conserves alimentaires, de la loi du 1^{er} août 1905 modifiée et complétée sur la répression des fraudes ;

Vu l'arrêté du 2 octobre 1973 réglementant les conditions d'hygiène applicables dans les établissements dans lesquels sont préparés ou transformés des produits de la mer et d'eau douce,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. — L'article 9 de l'arrêté du 2 octobre 1973 susvisé est ainsi modifié :

Premier alinéa du paragraphe a :

« a) Tous les établissements doivent disposer d'une ou plusieurs installations de froid dont la capacité doit permettre au minimum l'entreposage d'une quantité de produits correspondant à la capacité journalière de rétablissement. Le revêtement intérieur est constitué ou revêtu de matériaux résiliant aux chocs, imperméables, imputrescibles, faciles à laver, à nettoyer et à désinfecter. Si des éléments juxtaposés sont utilisés, ils sont jointoyés de manière à assurer l'étanchéité aux liquides. »

Deuxième alinéa du paragraphe a :

« Les installations de froid doivent être conçues de telle sorte que la température intérieure soit en tous points :

« Inférieure ou au plus égale à — 18 °C si les produits entreposés sont congelés ou surgelés ; »

• Comprise entre 0 °C et + 2 °C si les produits entreposés sont réfrigérés ;

« Inférieure à + 15 °C si les produits entreposés sont des semi-conserves. »

Art. 2. — Le directeur de la qualité au ministère de l'agriculture, le directeur des pêches maritimes et des cultures marines au ministère de la mer, le directeur de la consommation et de la répression des fraudes au ministère de la consommation, le directeur de l'institut scientifique et technique des pêches maritimes et les commissaires de la République sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 30 juillet 1982.

Le ministre de la mer,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur du cabinet,

J.-C. BOULARD.

Le ministre de l'agriculture,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur du cabinet,

J.-F. LABCCR.

Le ministre de la consommation,
CATHERINE IALIMICM.

