

LES ACIERS INOXYDABLES

ET LES INDUSTRIES DE TRANSFORMATION DES FRUITS

Les aciers inoxydables, dont l'emploi se généralise de plus en plus, tendent à supplanter les aciers ordinaires, les bronzes et les alliages d'aluminium dans tous les cas où il est nécessaire de traiter un produit alimentaire dans un appareil métallique.

Leur extraordinaire succès est dû non seulement à leur remarquable résistance à la corrosion, mais aussi à leurs propriétés physiques et mécaniques qui en font des alliages hors classe pour la fabrication des appareils destinés à la transformation industrielle des fruits.

On parle souvent de l'« acier » inoxydable comme d'un alliage bien défini. ZAPFFE [1] fait remarquer que cette expression désigne plutôt une *classe particulière d'aciers spéciaux* dont il est difficile de donner une définition. Cette classe comprend plusieurs espèces qui possèdent des propriétés sensiblement différentes. Cet auteur estime que de nouveaux procédés pourront être imaginés et que d'anciens procédés seront améliorés lorsque les ingénieurs et les techniciens connaîtront mieux les propriétés caractéristiques de ces alliages.

Historique.

ZAPFFE [2] a montré que la découverte de l'acier inoxydable est en grande partie d'origine française.

En 1821, BERTHIER nota que l'alliage fer-chrome était plus résistant à l'attaque par les acides que chacun de ses composants pris isolément. Il prépara des ferro-

chromes contenant 17 à 60 % de chrome, dont les propriétés mécaniques étaient peu satisfaisantes mais qui lui servirent à élaborer un acier à 1-1,5 % de chrome. Comme cet acier avait des propriétés mécaniques acceptables, il en fit un couteau et un rasoir, et le recommanda pour la fabrication des articles de coutellerie.

En 1886, BOUSSINGAULT confirma la meilleure résistance des aciers au chrome à l'attaque par les acides.

En 1906, Léon GUILLET publia une étude détaillée sur les alliages au fer-nickel-chrome ; c'est à cet auteur que revient la véritable découverte des aciers inoxydables 18/8.

Plus tard, GIESEN (Angleterre) et PORTEVIN (France) ont fortement contribué à la connaissance de ces aciers.

À la suite de ces travaux, les aciers inoxydables ont pris un développement considérable dans de nombreuses industries alimentaires. L'industrie laitière, notamment, a été l'une des premières à comprendre l'intérêt considérable de ces nouveaux alliages ; on a pu écrire qu'elle est actuellement dans « l'âge de l'acier inoxydable », tandis qu'il y a seulement dix ou vingt ans, elle était encore dans « l'âge du cuivre ».

Conditions pour qu'un alliage soit utilisable dans l'industrie alimentaire.

À la suite d'une large enquête auprès des ingénieurs constructeurs de matériel, des ingénieurs de l'alimen-

FIG. 1. — Groupe moto-presse continu pour jus de fruits ; vis, cylindre tamiseur et cône de sortie en acier inoxydable 18/8. (Société des Pressoirs Colin.)

FIG. 2. — Pompe en acier inoxydable 18/8 pour vins et vinaigres. (Établissements Daubron.)

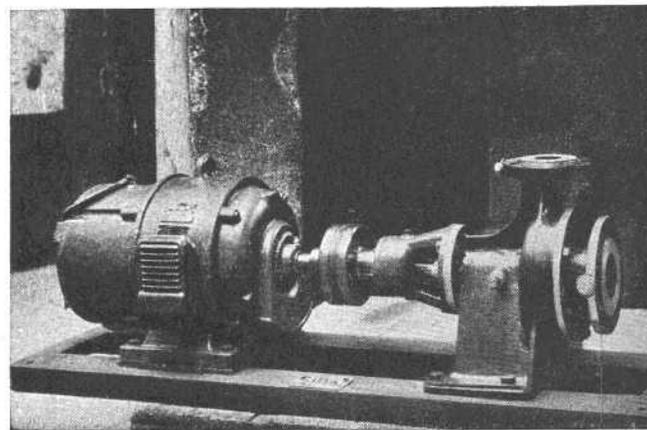
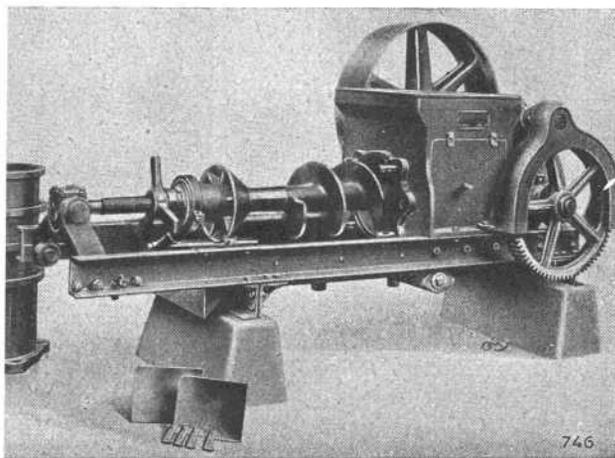




Fig. 3. — Filtre Gasquet à revêtements intérieurs en acier inoxydable 18/8. (Société du Filtre Gasquet.)

tation et des chefs de fabrication, CUNNINGHAM [3] classe les conditions d'utilisation des métaux et alliages, dans les industries alimentaires, dans l'ordre suivant d'importance décroissante :

1. Ne pas contaminer le produit ;
2. Être d'un nettoyage facile ;
3. Ne pas être attaqué dans les conditions d'utilisation ;
4. Posséder des propriétés physiques convenables ;
5. Être aisément disponible sous les formes nécessaires ;
6. Être d'un prix raisonnablement bas ;
7. Être d'un entretien peu coûteux ;
8. Posséder un aspect agréable.

L'auteur explique que, dans la première condition, il faut entendre que l'appareillage ne doit ni introduire de métaux nuisibles ou toxiques, ni favoriser l'introduction de germes dans les produits traités. L'absence de corrosion contribue au premier point, tandis que l'absence de porosité contribue au second.

Il faudrait ajouter que les produits chimiques utilisés pour le nettoyage ou la désinfection ne doivent pas atta-

quer le métal ; ceci est particulièrement important dans l'industrie laitière et sans doute aussi dans l'industrie des fruits.

Les grands groupes d'aciers inoxydables.

On distingue actuellement trois grandes classes d'aciers inoxydables :

Classes I et II, ne contenant pratiquement que du *fer* et du *chrome*, en proportions diverses ;

Classes III, dite 18/8, contenant du *fer*, du *chrome* (8 à 30 %), du *nickel* (6 à 20 %) et parfois un ou plusieurs métaux supplémentaires, notamment du *molybdène* (1 à 3 %).

Pendant la dernière guerre, par suite de la pénurie de nickel, on avait essayé de remplacer le nickel par du *manganèse*. Ces recherches ont conduit récemment à des aciers dont l'inoxidabilité est comparable à celle des 18/8. Comme eux, ils sont au moins partiellement austénitiques et on peut les ranger dans la classe III.

La composition des aciers 18/8 élaborés en France est indiquée dans le tableau I, d'après [4] [5] [6].

Il y aurait peut-être lieu d'ajouter à ces familles une nuance dont la composition serait approximativement :

C.....	0,12	%
Cr.....	18	%
Ni.....	8	%
Ti.....	0,6	%

Ces normes ne précisent pas les limites de composition entre lesquelles doivent se tenir les différentes nuances d'acier inoxydable ; elles n'ont aucun caractère impératif.

En fait, les diverses nuances élaborées en France se rapprochent plus ou moins des types indiqués dans le tableau I. Elles sont désignées par des appellations commerciales variées [6].

A notre connaissance, les aciers au chrome-manganèse dont il a été fait mention plus haut ne sont élaborés que par les aciéries d'Ugine. Leur composition est la suivante :

C : 0,5 — Cr : 18 — Ni : 1,75 — Mn : 10 — Ti : 0,4.

TABLEAU I

Composition des aciers inoxydables du genre 18/8 élaborés en France (d'après [5]).

Désignation d'après la norme NFA 02,001	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Ti %	Observations
Z 5 CN 18-08.....	≤ 0,05	18	8	—	—	Acier à basse teneur en carbone.
Z 12 CN 18-08.....	0,12	18	8	—	—	Acier 18/8 courant.
Z 12 CNDT 18-08.....	≤ 0,12	18	8	2	0,5	Acier 18/8 au molybdène et au titane.
Z 10 CN 12-12.....	0,10	12	12	—	—	Acier pour emboutissage.

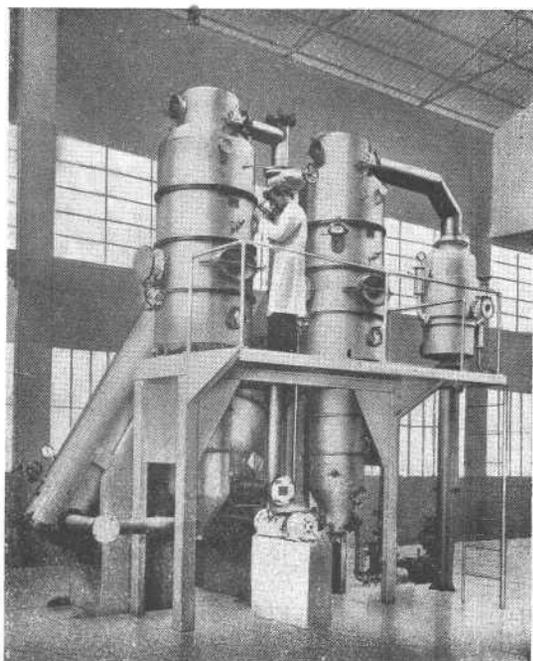
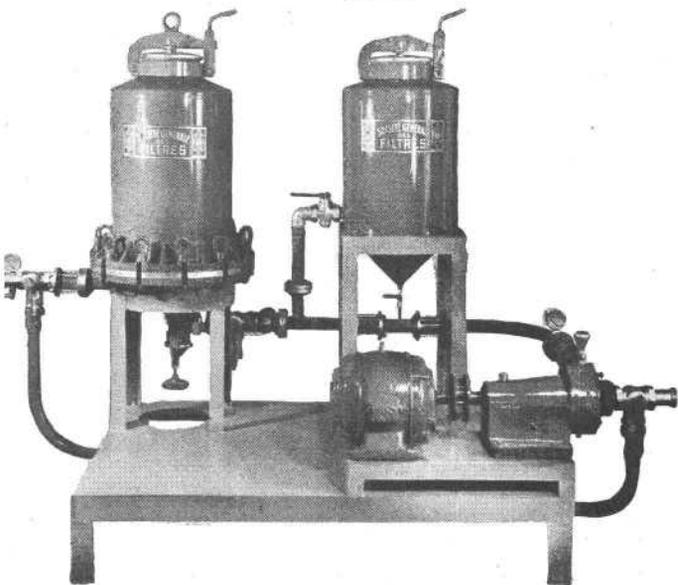


FIG. 4. — Appareil de concentration ou de désulfitation de moûts en acier inoxydable 18/8 au molybdène. (Établissements Laguillarre.)

A part l'acier au chrome-manganèse récemment introduit sur le marché, on retrouve les diverses nuances mentionnées dans le tableau I, dans l'ouvrage édité par la Chambre Syndicale des Aciers Spéciaux [5], avec leurs compositions et leurs désignations commerciales.

Ces nuances peuvent être obtenues sous forme de pro-

FIG. 5. — Superfiltre pour vins, bières, cidres, etc..., en acier inoxydable 18/8; éléments filtrants en Monel. (Société générale des Filtres.)



duits laminés (barres, profilés, planches), étirés (tubes, fils) ou de produits moulés.

Les caractéristiques mécaniques générales des aciers inoxydables sont indiquées dans le tableau II.

TABLEAU II

Caractéristiques mécaniques
des alliages inoxydables (d'après [4]).

Caractéristiques :	A l'état doux, c'est-à-dire trempé	A l'état écroui dur
Résistance mécanique		
R.	65 kg/mm ²	140-150 kg/mm ²
Limite élastique E.	22 —	100 —
Allongement A.	40 %	5 %
Dureté Brinell.	140	350

Travail et soudure des aciers inoxydables.

Les aciers inoxydables présentent le phénomène *d'écrouissage* à un degré très élevé. Au contraire des aciers classiques, la trempe les adoucit.

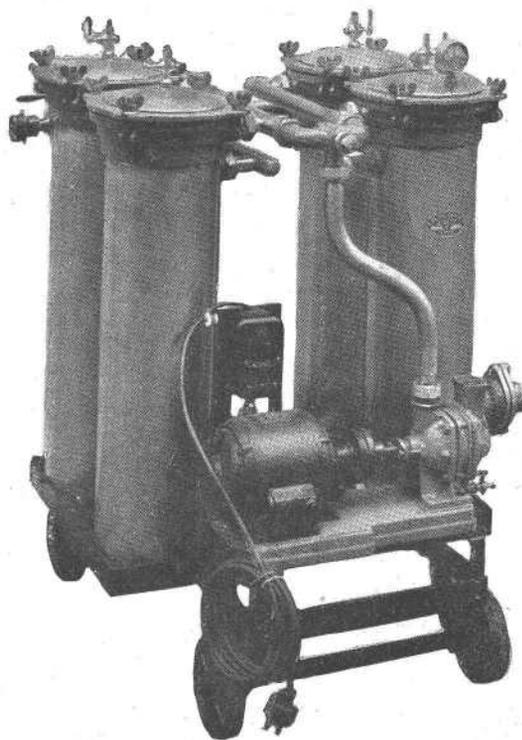


FIG. 6. — Filtre à jus de fruits et à vins en acier inoxydable 18/8. (Établissements Réatif.)

Pour le travail à froid, il est nécessaire d'utiliser, au départ, des tôles ou planches à l'état adouci, c'est-à-dire hypertrempé, ayant une dureté de 150 Brinell environ.

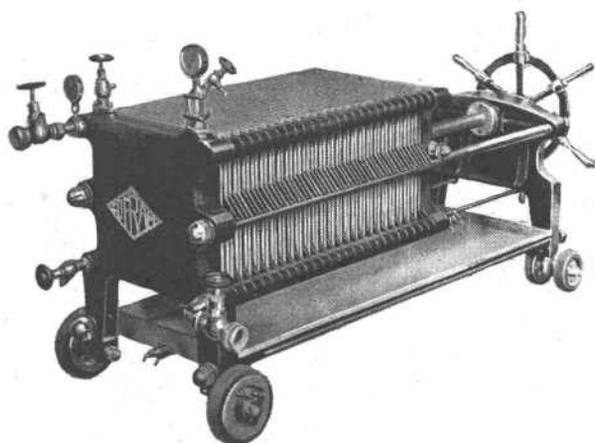


FIG. 7. — Filtre-presse en acier inoxydable. (Société Cofram).

En général, dès que le métal devient trop écroui, il est nécessaire de lui faire subir un nouveau traitement thermique.

L'usinage des aciers inoxydables exige des outils en acier rapide au tungstène ou au cobalt, ou à plaquettes de carbures. Les angles de coupe sont différents de ceux qui sont utilisés pour le travail des aciers ordinaires.

L'usinabilité de l'acier austénitique au chrome-manganèse signalé plus haut paraît au moins égale à celle des aciers inoxydables courants.

Pour les travaux de chaudronnerie où la soudure intervient presque toujours, il faut utiliser soit un acier à très basse teneur en carbone, soit un acier stabilisé au titane.

Les soudures autogènes sont praticables sans difficultés ; on peut aussi braser à l'argent ou souder à l'étain, mais

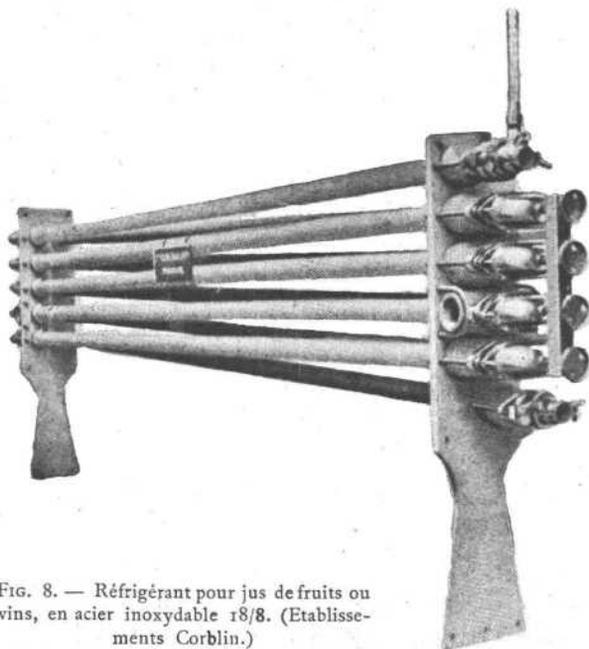


FIG. 8. — Réfrigérant pour jus de fruits ou vins, en acier inoxydable 18/8. (Etablissements Corblin.)

la résistance mécanique et la résistance à la corrosion des appareils ainsi soudés sont beaucoup moins bonnes que celles des appareils soudés à l'autogène. La brasure à l'argent et la soudure à l'étain ne sont pas à conseiller dans la plupart des cas.

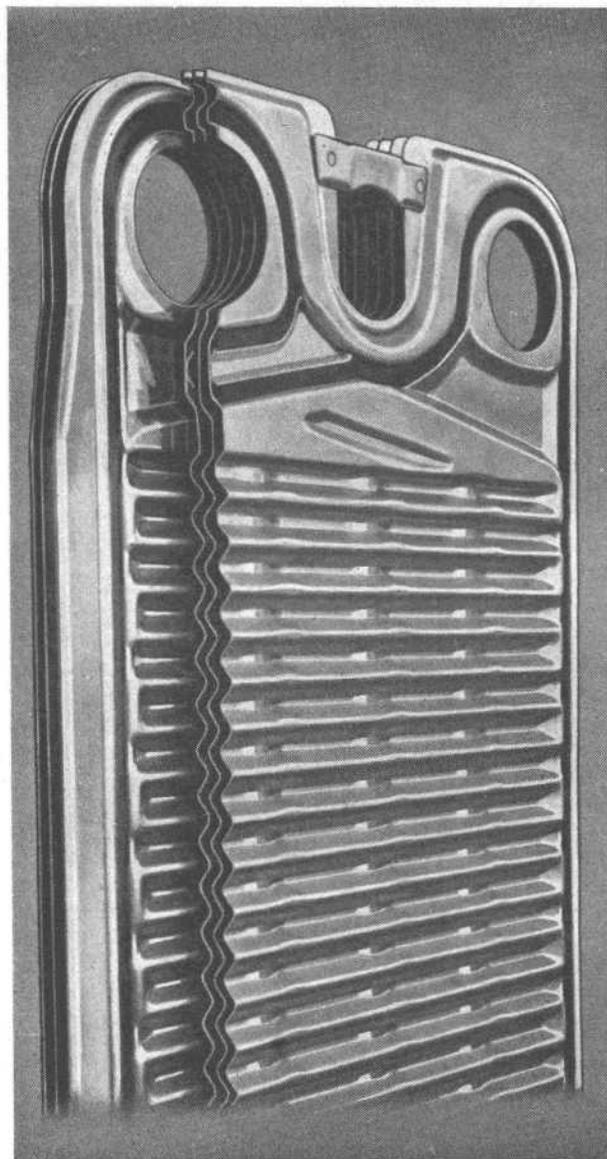


FIG. 9. — Vue de détail d'une plaque d'échangeur de chaleur Alfa-Laval, en acier inoxydable 18/8 au molybdène.

Il est à noter que les aciers au titane ne peuvent pas acquérir un aussi beau poli que les aciers sans titane. Dans le cas où un appareil soudé doit être parfaitement poli, il y a donc lieu de choisir un acier à basse teneur en carbone.

On trouvera des renseignements plus précis sur le tra-

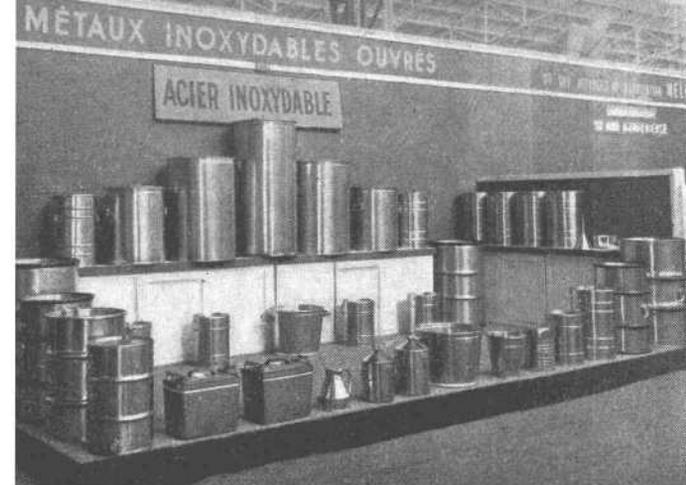


Fig. 10. — Fûts, congés et petit matériel divers en acier inoxydable 18/8 au molybdène ou 18/8 courant. (Etablissements M. I. O.)

vail des aciers inoxydables dans une brochure publiée par le Centre d'Information du Nickel [7].

Ajoutons que, dans tous les cas, l'utilisateur doit demander à son fournisseur des précisions chiffrées sur le type d'alliage qui sera réellement mis à sa disposition, après lui avoir fourni des indications sur les conditions d'emploi projetées.

Résistance à la corrosion.

La plupart des aciers inoxydables possèdent une résistance remarquable à l'attaque par les acides organiques et même minéraux, à froid comme à chaud.

Ils résistent très bien à l'action des sels neutres, *sauf des chlorures*. Il y a donc lieu d'utiliser des nuances spéciales lorsque des solutions contenant des chlorures doivent se trouver en contact prolongé avec les appareils, comme c'est le cas pour les saumures de réfrigération ; on utilise, par exemple les nuances au molybdène [8].

Une faible quantité de sel peut augmenter la corrosion par les acides organiques. Ainsi, un acier 18/8 (17,5 % de chrome ; 9,56 % de nickel) qui n'est pratiquement pas attaqué par une solution d'acide citrique à un pour cent, l'est beaucoup plus si on ajoute un pour cent de sel marin.

Le même acier rouille en trois mois s'il est plongé dans une solution saturée de chlorure de sodium ; toutefois, il ne s'y dissout qu'au taux de 0,18 mg par dm² et par jour [9].

POE et ses collaborateurs [10] ont étudié l'attaque de l'acier 18/8 par les acides organiques. Leurs résultats montrent que la résistance à la corrosion par plus de dix acides à diverses concentrations (centinormales, décinormales et normales) est excellente, aussi bien à chaud qu'à froid, surtout aux grandes dilutions. Par exception, l'acide oxalique normal à l'ébullition attaque fortement cet acier.

Du jus de cerise, placé dans une casserole en acier 18/8 et soumis à l'ébullition pendant une heure, dissout 6,9 mg de fer par litre de jus. Dans les mêmes conditions, du jus de tomate dissout 2,9 mg de chrome par litre.

SEARLE et ses collaborateurs [11] ont comparé les attaques produites sur quelques métaux ou alliages par des vins et des jus de raisin, dans diverses conditions. Leurs résultats sont présentés dans le tableau III.

MASON [12] a fait une étude systématique de la résistance à la corrosion de divers métaux ou alliages utilisés dans les industries alimentaires. Ses résultats montrent que les aciers inoxydables et l'inconel sont les matériaux de choix dans tous les cas de traitement des produits à

TABLEAU III

Perte de poids par unité de surface de divers métaux ou alliages, en présence de vins ou de jus de raisins, dans diverses conditions.

Métaux essayés :	Perte de poids en g/m ² /h dans :					
	Cuve de fermentation ouverte		Récipient à jus de raisin		Pasteurisateur	
	Vin blanc	Vin rouge	Niagara	Concorde	Niagara	Concorde
Acier 18/8.....	0	0	0,004	0	0	0
Inconel*.....	0	0	0	0	0,006	0
Nickel pur.....	0,002	0,006	0,030	0,08	0,03	0,06
Cuivre.....	0,004	0,010	0,060	0,09	0,09	0,11
Monel**.....	0,006	0,002	0,040	0,04	0,06	0,045
Aluminium.....	0,012	0,01	0,02	0,01	0,095	0,02
Étain.....	0,030	0,12	0,16	0,09	0,20	0,55

* Alliage contenant environ 80 % de nickel, 14 % de chrome et 6 % de fer.

** Alliage résultant du traitement direct des minerais canadiens, et contenant environ 67 % de nickel, 30 % de cuivre avec divers autres métaux.

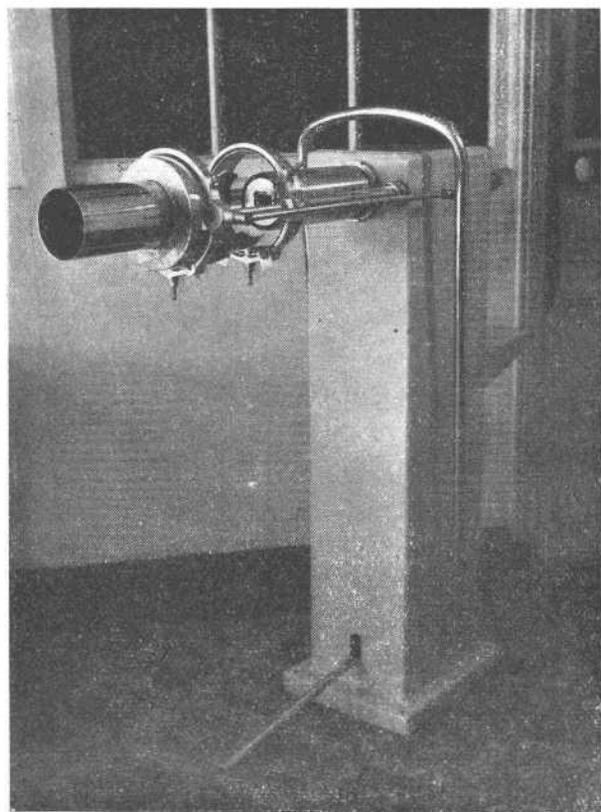


FIG. 11. — Calibreuse pour ananas en acier inoxydable 18/8 au molybdène. (Etablissements Rozé.)

base de fruits. Cependant, dans la fabrication des pickles, il y a lieu d'utiliser l'acier 18/8 au molybdène de préférence à l'acier 18/8 normal, par suite de la présence de sel dans les solutions. Les jus et les sirops de fruits, les fruits confits (présence d'anhydride sulfureux), les sodas et les limonades n'attaquent pratiquement pas l'acier 18/8.

En ce qui concerne la fabrication des pectines, la présence d'acide chlorhydrique dans les jus rend l'utilisation d'inconel préférable pour la fabrication des évaporateurs ; il se produit en effet des piqûres dans les aciers inoxydables en présence d'acide chlorhydrique dilué, à chaud.

Voici, par exemple, quelques résultats de cet auteur concernant des jus et des sirops de fruit présentés dans le tableau IV.

On peut constater qu'il s'agit d'une excellente tenue puisque, dans la plupart des cas, la diminution d'épaisseur est inférieure à *un centième de millimètre par année d'usage continu*.

En résumé, malgré son prix assez élevé, l'acier inoxydable présente de tels avantages sur les autres métaux ou alliages, que son utilisation peut être recommandée dans tous les cas de traitement des produits à base de fruits. Les avantages proviennent surtout de son inaltérabilité et de la facilité de son entretien qui permettent un travail plus soigné. D'ailleurs, il suffit parfois que le produit

d'une seule journée de travail vienne à être gâté par l'utilisation d'un métal qui ne convient pas pour ruiner l'argument du coût plus élevé des appareils en acier inoxydable.

TABLEAU IV

Intensité de l'attaque d'un acier inoxydable 18/8 par divers sirops et jus de fruits.

Nature du produit	Pénétration en mm. par an
Sirop de citron, aéré, à 20° C.	0,000
Sirop d'orange, — — — — —	0,000
Sirop de lime, non aéré — — — — —	0,002
Jus d'ananas, aéré, à 83° C.	0,005
Jus de pomélo, à froid.	0,016
Jus de raisin, à l'ébullition	0,002
Jus de tomate, aéré, à 78° C.	0,007

On peut enfin ajouter que leur aspect net et agréable contribue fortement à produire une impression favorable sur les visiteurs éventuels de l'usine. Les ateliers ne

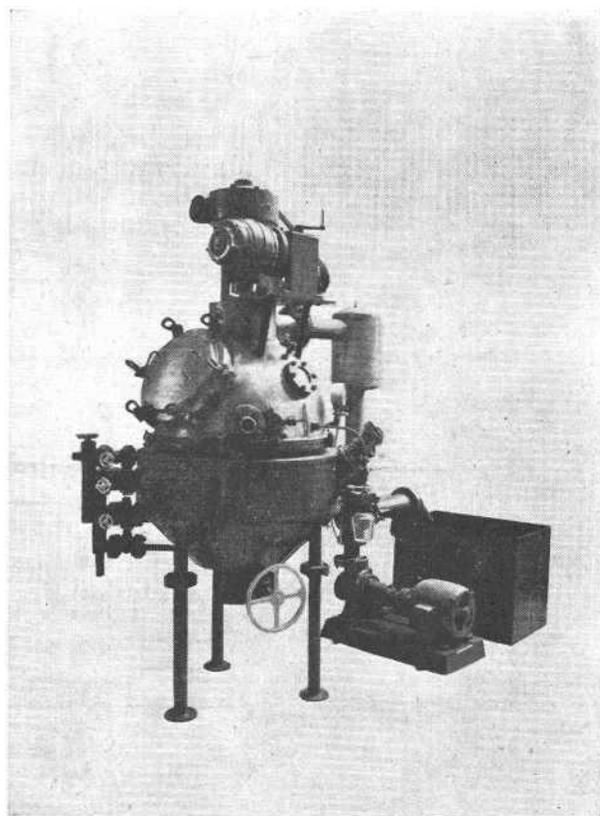


FIG. 12. — Cuisineur sous vide pour confitures, en acier inoxydable 18/8. (Etablissements A. Olier, Clermont-Ferrand.)

sont plus un lieu que l'on cache mais qu'on peut au contraire montrer au public dans un but publicitaire.

A. PATRON,
Chef de Laboratoire
à l'Institut des Fruits et Agrumes coloniaux

Nous tenons à remercier particulièrement M. P. Puel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur au Centre d'Information du Nickel qui a bien voulu nous aider dans la rédaction de cet article et revoir le manuscrit.

A. P.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ZAPFFE, C. A. — Stainless steels. *Amer. Soc. for Metals*; Cleveland, Ohio; 1949, 368 pages.
- [2] ZAPFFE, C. A. — Who discovered stainless steel? *The Iron Age*; 1948, 162, N° 16, 120.
- [3] CUNNINGHAM, R. C. — Proper specification for usage of stainless steel to achieve sanitation and corrosion resistance in food processing. *Food Technology*; 1947, 1, 470-77.
- [4] ARBELLOT, L. — Le nickel et ses alliages dans l'industrie chimique. *Centre d'Inform. du Nickel*; Bull. x-23, 30 pages.
- [5] ANONYME. — Les aciers fins et spéciaux. *Chambre syndicale des producteurs d'aciers fins et spéciaux*; Paris, 1949.
- [6] PELOU, M. — Les aciers de fabrication française. *Science et Industrie*; Paris.
- [7] PUEL, P. — Aciers inoxydables au nickel-chrome austénitiques 18/8. Propriétés générales; mise en œuvre. *Centre d'Inform. du Nickel*; Série BB, N° 6, 109 pages.
- [8] ARBELLOT, L. — Le nickel et ses alliages dans l'industrie vinicole. *Ibid.*, Bull. x-23, 12 pages.
- [9] THANDBERG, J. — Corrosion investigations. *Iva*; 1948, 19, 227-33.
- [10] POE, C. F. et van VLEET, E. M. — Action of organic acids on stainless steel. *Ind. Eng. Chem.*; 1949, 41, 208-10.
- [11] SEARLE, H. E., LA QUE, F. E. et DOHROW, R. H. — Metals and wines. *Ind. Eng. Chem.*; 1934, 26, 617. Voir aussi: *Revue du Nickel*, 1936, N° 4, 124-7.
- [12] MASON, J. F. Jr. — The resistance of alloys to corrosion during the processing of some foods. *Metallurgia*, 1948, 38, 320-27.

UNE MISSION DU CONSEIL ÉCONOMIQUE A LA MARTINIQUE

En juin était arrivée en Martinique une mission du Conseil Économique composée de MM. Thoumyre, représentant la Confédération Nationale du Patronat Français au sein du Conseil Économique, Bicheron, représentant la Confédération Générale des cadres, et Haniquaut, représentant la C. F. T. C., accompagnés de M. Beck, des services administratifs du Conseil Économique.

La mission du Conseil Économique a été suivie d'une importante mission parlementaire arrivée le 1^{er} juillet par le « Colombie ». Cette mission était composée de MM. René Coty, Ancien Ministre, Vice-Président du Conseil de la République, Sénateur du Havre et Président de l'Association des Grands Ports Français, Émile Claparede, Sénateur de l'Hérault, Président du Groupe Viticole et Cidricole, Michel Ringear, député de la Loire-Inférieure, membre de la Commission de

l'Éducation Nationale, et Charles Viatte, député du Jura, membre des Commissions de la Santé et du Travail et de la Sécurité Sociale.

Cette mission parlementaire était invitée par la Chambre de Commerce de la Martinique à venir examiner sur place les problèmes économiques du département.

Par le « Colombie » est arrivé également M. Pierre Peltier, Directeur des Ports Maritimes et des voies fluviales du Ministère des Travaux Publics et des Transports, chargé par son Ministère, d'étudier les questions portuaires.

Toutes ces personnalités ont été accueillies par M. Christian Laigret, Préfet de la Martinique, puis pendant leur séjour qui a duré une semaine, elles ont visité l'île et pris des contacts avec différents organismes privés et publics.

