

FER-BLANC 2010

Composition : le fer-blanc est un produit en [acier](#) doux ou extra doux laminé ($C < 0,08 \%$) recouvert d'une couche d'[étain](#). Le fer-blanc, obtenu par voie électrolytique, est constitué de plusieurs couches. En partant du cœur dans le cas d'un fer blanc d'épaisseur de 0,2 mm avec 5,6 g de Sn/m^2 sur une face on a :

	Composition	Épaisseur en nanomètres	Masse en g/m^2
Acier doux	Fe	200 000	
Solution solide	Sn dans Fe	100	
Alliage fer-étain	FeSn_2	100	0,6
Étain libre	Sn	700	5,0
Couche passive	Cr et oxydes de Cr et Sn	2	0,002 de Cr
Film d'huile	dioctylsébaçate (DOS)	5	0,003 à 0,006

A l'extérieur des boîtes, l'étain joue seulement un rôle de barrière physique à la corrosion de l'acier. La présence de rayures traversant la couche d'étain entraînera la formation de rouille en présence de l'air atmosphérique, en accord avec les potentiels standards des couples Sn^{2+}/Sn (-0,14 V) et Fe^{2+}/Fe (-0,44 V). Cette corrosion qui a un effet esthétique préjudiciable n'a toutefois pas, en général, de conséquence sur la qualité des produits renfermés dans la boîte.

A l'intérieur de la boîte, milieu hermétiquement clos, en l'absence de dioxygène, en présence d'aliments et d'une solution riche en complexants de l'étain, le comportement électrochimique de la pile étain-fer est modifié et à l'inverse de ce que prévoient les valeurs de potentiels standards des couples redox, l'étain se comporte, en général, comme une anode sacrificielle assurant une protection cathodique du fer. Même en présence de rayures de l'étain, le fer est protégé de l'oxydation et c'est l'étain qui s'oxyde. Par contre dans le cas des boissons carbonatées, la pile Sn-Fe fonctionne dans le sens habituel et l'acier est rapidement attaqué.

De plus, la protection intérieure des boîtes de conserve est renforcée par la présence d'un vernis, le plus courant étant époxyphénolique avec une épaisseur de $5 \mu\text{m}$. Les vernis blancs sont de composition identique aux précédents, la blancheur est obtenue par ajout de [dioxyde de titane](#) ou d'[alumine](#). Cette protection intérieure n'est pas systématique. Les boîtes de fruits, de champignons, par exemple, sont souvent nues, permettant ainsi à l'étain de jouer son rôle antioxydant.

Différents types : en fonction des taux d'étamage qui sont identiques ou différents sur les deux faces. Les taux les plus courants varient de 1,0 à $8,4 \text{ g}/\text{m}^2$.

Actuellement, des feuilles d'acier de 0,09 mm commencent à être utilisées, ainsi que des quantités déposées d'étain réduites à 0,5 g/m². De 1974 à 2010, l'épaisseur moyenne des boîtes a diminué de 0,234 mm à 0,13 mm.

Produits assimilés : le fer blanc, le fer chromé et le fer noir constituent les aciers pour emballage. Le fer blanc représente plus de 80 % de la production d'aciers pour emballages.

Fer chromé (ECCS : Electrolytic Chromium/oxide Coated Steel ou TFS : Tin Free Steel) : certaines lignes électrolytiques peuvent permettre de fabriquer du fer blanc ou du fer chromé. L'acier de base est le même, mais au lieu d'être revêtu d'étain, il est recouvert de chrome (épaisseur : 10 nm, 60 mg/m²), d'oxyde de chrome (épaisseur : 5 nm, 15 mg/m²) et d'huile (3-6 mg/m²). Il doit obligatoirement être verni sur les deux faces.

Fer noir : c'est la bande d'acier avant étamage qui peut être utilisée directement pour quelques applications (bidons d'huile automobile...).

FABRICATION INDUSTRIELLE :

Préparation de l'acier :

La coulée continue de l'acier fournit des brames qui sont laminées à chaud jusqu'à atteindre une épaisseur de l'ordre de 2 mm. La couche d'oxyde est enlevée par décapage à l'acide chlorhydrique (l'attaque dure 30 s). Après lavage et séchage, la bande d'acier est laminée à froid, en passant entre plusieurs jeux de cylindres (cages), jusqu'à 0,20 mm, par exemple. La vitesse de défilement de la bande peut atteindre 110 km/h. Après dégraissage, le métal qui est fortement écroui par le laminage, est recuit à 630°C en étant protégé de l'oxydation par du diazote ou du dihydrogène. La durée du recuit dépend du procédé utilisé (3 minutes en recuit continu, 72 heures pour la filière recuit base). Un léger laminage à froid (skin-pass) permet un écrouissage de surface améliorant les qualités mécaniques. Lorsque la réduction d'épaisseur est poussée jusqu'à 30 %, ce dernier laminage permet d'obtenir des bandes d'épaisseur de 0,10 mm. L'acier ainsi obtenu est alors appelé "double réduction". Avant étamage, la surface de la bande subit un dégraissage puis un décapage à l'acide sulfurique. L'acier avant étamage est appelé fer noir.

La consommation d'acier dans ce secteur est, dans l'Union européenne d'environ 5 millions de t/an.

Étamage électrolytique : le procédé le plus utilisé, en France, est le procédé acide Ferrostan.

La bande à étamer sert de cathode, l'anode est constituée par des barres de 47 kg d'étain pur, qui alimentent en ions Sn²⁺ l'électrolyte. L'électrolyte est composé d'acide 4-hydroxybenzènesulfonique (HO-C₆H₄-SO₃H) et de divers produits d'addition. L'électrolyse de la bande s'effectue en continu, celle-ci passant dans une succession de bacs d'électrolyse, à 35-40°C, dans lesquels Sn se dépose.

Les autres procédés utilisent d'autres compositions d'électrolyte : bains alcalins (stannates alcalins), bains à base d'halogénures.

Brillantage, passivation : après rinçage, le fer-blanc subit une refusion vers 300°C où il prend un aspect brillant et au cours de laquelle, se forme l'alliage FeSn₂ à l'interface Fe-Sn, par diffusion de Sn dans l'acier. Le chauffage est effectué par conduction (effet Joule) ou par induction. La passivation chimique est réalisée dans une solution de dichromate de sodium (20-30 g/L à 50°C) qui donne un dépôt d'oxyde de chrome de 0,10 μ g/cm² qui permet une bonne adhérence des vernis mais

ne protège pas de la sulfuration. La passivation électrolytique avec polarisation cathodique de la bande, toujours dans une solution de dichromate de sodium, permet un dépôt de [chrome](#) métallique qui améliore la résistance à la sulfuration. Une couche d'huile, monomoléculaire, en général de dioctylsébacate (DOS), permet de réduire les dommages créés par abrasion. Le vernis est, en général, appliqué après l'impression des motifs et avant la fabrication des boîtes. Les plus utilisés sont les vernis époxyphénoliques avec des épaisseurs de 5 μ m, la cuisson s'effectue, en général, à 200-210°C pendant 15 minutes.

A l'usine [ArcelorMittal](#) de Florange une ligne de vernissage en bande (VEB) permet de cuire à 300-400°C, par induction, en 2 secondes, le vernis de la bande qui défile à une vitesse de 250 m/min. Une bobine de 14 t (10 km de long) est cuite en 40 minutes.

Recyclage : les aciers pour emballages (contenant 99,7 % de fer) sont ferromagnétiques et donc très facilement récupérés par triage magnétique des ordures ménagères. Dans le monde, en 2007, le taux de recyclage est de 68 % et de 75 % en Chine. Dans l'Union européenne, en 2009, il est de 72 %, avec, en 2008, 2,6 millions de t d'aciers pour emballage recyclées. Le taux de recyclage est, en 2009, de 98 % pour la Belgique, 92 % l'Allemagne, 87 % les Pays Bas, 71 % la France, 60 % le Royaume Uni, 67 % les Etats-Unis, 89 % le Japon. Cet acier recyclé entre dans les [ferrailles](#) utilisées par la [sidérurgie](#) (voir ce chapitre).

En France, en 2006, récupération de 317 000 t d'acier provenant d'emballages. En 2010, 20 % des aciers d'emballage recyclés proviennent du tri sélectif.

PRODUCTIONS MONDIALES d'aciers pour emballages : en 2007, en milliers de t. Monde : 15 061, Union européenne : 4 441.

États-Unis (2010)	2 502	Corée du Sud (2010)	790
Chine (2007)	2 312	Brésil (2010)	774
Japon (2010)	1 903	France (2010)	773
Allemagne (2008)	1 344	Espagne (2010)	574
Pays Bas (2010)	792	Royaume Uni (2010)	468

Source : Worldsteel, Steel Statistical Yearbook, 2011.

Dans l'Union européenne, en 2010, la production d'aciers pour emballages (fer blanc et fer chromé) a été de 4,8 millions de t soit l'équivalent de 42 milliards de boîtes, dans 7 pays : Allemagne, Pays Bas, France, Espagne, Royaume Uni, Slovaquie et Belgique.

Dans le monde, le commerce extérieur porte, en 2010, sur 5,2 millions de t.

Producteurs :

[Nippon Steel](#) (Japon) produit des aciers pour emballage au Japon, à Yawata, Hirohata et Nagoya ainsi qu'en Chine, à Guangzhou, 200 000 t/an, Indonésie, à Cilegon, 130 000 t/an, Thaïlande, à Man Tu Phut, 150 000 t/an.

[US Steel](#) (Etats-Unis) a produit, en 2010, 1,9 million de t d'aciers pour emballages, aux Etats-Unis, 1,3 million de t, dans l'Indiana, à Gary, Portage et Chicago, en Californie, à Pittsburg, avec une joint venture 50/50 avec Posco et en Europe (583 000 t), à Kosice, en Slovaquie et Sabac, en Serbie.

[ArcelorMittal](#), en 2010, a une capacité de production, en Europe, de 1,6 million de t d'acier plat pour emballages, en Espagne à Avilès avec 2 lignes de production de fer blanc de 400 000 t/an et à Etxebarri, 350 000 t/an, en France, à Basse Indre (44), 410 000 t/an et Florange (57), 450 000 t/an, en Belgique, à Liège. Possède une usine aux Etats-Unis, à Weirton en Virginie occidentale.

[ThyssenKrupp](#) (Allemagne) avec sa filiale, [Rasselstein](#), produit 1,5 million de t à Andernach, en Allemagne.

[Baosteel](#) (Chine), produit 1,2 million de t/an.

[Tata Steel](#) (Inde) produit 1,2 million de t/an, en Inde, à Jamshedpur, avec 227 000 t, en 2010, aux Pays Bas, à IJmuiden, au Royaume Uni, à Trostre, au Pays de Galle, en Norvège et en Belgique.

SITUATION FRANÇAISE : en 2010, en milliers de t.

- Livraisons d'aciers pour emballages : 773.
- Importations : 266, d'Allemagne à 46 %, des Pays Bas à 18 %, du Royaume Uni à 14 %.
- Exportations : 462, vers l'Italie pour 26 %, l'Allemagne pour 9 %, la Turquie pour 8 %, la Belgique pour 7 %.

Un seul producteur : [ArcelorMittal](#) avec 4 lignes d'étamage :

- 2 lignes (450 000 t/an) à Florange près de Thionville (57).
- 2 lignes (410 000 t/an) à l'usine de Basse Indre près de Nantes (44).

UTILISATIONS :

Consommations : dans l'Union européenne, en 2009 : 3,553 millions de t d'aciers pour emballage.

Secteurs d'utilisation : en 2010, en Europe, pour l'ensemble des aciers pour emballage.

Boîtes appertisées	54 %	Couvercles	9 %
Boîtes diverses	14 %	Aérosols	8 %
Boîtes boisson	12 %	Autres	3 %

Source : APEAL

En 2009, en France, la production d'emballages métalliques a été de 539 700 t dont 447 800 t en acier et 91 900 t en aluminium. La production se décompose en 291 000 t pour les conserves appertisées, 101 500 t pour les boîtes boisson, 48 500 t pour les emballages industriels, 36 000 t pour les couvercles, 35 600 t pour les générateurs aérosol, 27 000 t pour les produits alimentaires

non appertisés.

Les exportations ont été de 129 000 t dont 75 000 t en acier et 50 600 t en aluminium.

Localisation des usines de production d'emballages métalliques, en France, adhérentes au Syndicat National des Fabricants de boîtes, emballages et bouchages métalliques.

En 2009, au Japon, la production a été de 478 000 t, à 80 % en acier. La production de boîtes boisson en acier a été de 12,1 milliards d'unités.

Boîtes appertisées :

Nicolas Appert, industriel français, à découvert, vers 1800, le procédé de conservation des aliments par chauffage, au bain-marie, dans des récipients hermétiquement clos. Il répondait à une offre de prime de 12 000 Francs du Directoire pour la personne qui parviendrait à mettre au point une méthode de conservation fiable des aliments destinés aux armées. Cette méthode de conservation est depuis appelée appertisation. Ce n'est que vers 1860 que Pasteur a démontré scientifiquement le rôle de l'appertisation par la destruction des microbes à haute température. Initialement en verre, les récipients utilisés par Appert ont été, dès 1815, remplacés par le fer-blanc à la suite du brevet de l'anglais Peter Durand.

Actuellement, en France, 30 variétés de légumes sont disponibles en conserve, soit plus de 1,5 million de t et 15 variétés de fruits (400 000 t).

Pour les petits formats de boîtes, < 0,5 kg, la boîte appertisée est généralement constituée d'un corps embouti fermé par un couvercle à ouverture facile ou un fond, fixé par sertissage mécanique. La boîte n'ayant pas besoin d'être soudée, l'acier utilisé est du fer chromé verni.

Pour les autres formats et en particulier lorsque la hauteur est nettement supérieure au diamètre, l'emboutissage n'est plus possible et le corps est un flan de fer-blanc roulé et soudé électriquement.

La production française de boîtes de conserve a été, en 2009, de 290 900 t dont 247 600 t en acier et 43 300 t en aluminium. Les exportations ont été de 42 100 t dont 20 300 t en acier et 21 800 t en aluminium. Les importations de boîtes en acier ont été de 61 000 t dont 48 000 t provenant d'Espagne.

Boîtes-boisson :

La boîte est fabriquée en 2 pièces : le fond et le corps étant obtenus à partir d'une même feuille. Ces boîtes sont soit embouties-réembouties (même épaisseur des parois et du fond) soit embouties-repassées (le fond garde l'épaisseur de la feuille de départ : 0,20 mm, les parois deviennent très minces : 0,07 mm). Ces dernières boîtes sont utilisées pour les boissons gazeuses, la pression interne de la boisson (2 à 7 bar) assurant la rigidité des parois.

Une boîte en aluminium pèse 13,6 g, l'épaisseur de la paroi est de 100 μ m. Une boîte en fer blanc pèse 23 g, l'épaisseur est de 70 μ m. De 1984 à 1989, le poids moyen des boîtes de boisson a été réduit de 15 % puis, de 1991 à 1994, de 30 %.

Les couvercles à "ouverture facile" pour boîte boisson ont pendant longtemps été en aluminium. Toutefois, des produits en acier commencent à apparaître.

Les cadences de production atteignent jusqu'à 2 000 boîtes/min par ligne de production, soit plus de 1 milliard de boîtes/an.

En 2010, dans l'Union européenne, il y a 90 lignes de production (25 avec du fer-blanc, 65 avec de l'aluminium) dans 38 usines de fabrication de boîtes-boisson. 15 usines pour Rexam (Autriche,

République Tchèque, Danemark, Allemagne, Espagne, Italie, Suède, Royaume-Uni), 9 pour [Ball Packaging](#) (Allemagne, Royaume-Uni, France, Pays-Bas, Pologne), 9 pour [Crown Bevcan](#) (Royaume-Uni, France, Espagne, Grèce, Slovaquie), 4 pour Can Pack (Royaume Uni, Roumanis, Pologne). De plus, il y a 8 usines de fabrication de couvercles, en France, Allemagne, Grèce, Irlande, Pologne et Royaume Uni.

En 2010, dans l'Union européenne, [Ball Packaging](#) exploite 10 lignes de boîtes en acier et 12 en aluminium, [Crown Bevcan](#), 9 lignes en acier, 13 lignes en aluminium, Rexam, 6 lignes en acier et 32 en aluminium.

[Ball Packaging](#) (Etats-Unis) possède 17 usines de production de boîtes boisson aux Etats-Unis, 1 au Canada, 2 au Brésil. Dans ces 3 pays, sa production, exclusivement en aluminium, est de 43 milliards de boîtes soit 37 % du marché. En Chine, 4 usines fournissent 31 % du marché et dans l'Union européenne, 12 usines produisent 16 milliards de boîtes, à 58 % en aluminium, 42 % en acier, soit 32 % du marché.

[Crown](#) (Etats-Unis) possède 13 usines aux Etats-Unis, 4 au Brésil, 8 dans l'Union européenne, 4 en Chine, 3 au Viet-Nam, 2 au Canada et en Arabie Saoudite, 1 en Colombie, Mexique, Porto Rico, Jordanie, Turquie, Tunisie, Dubaï, Malaisie, Singapour, Thaïlande.

[Rexam](#) (Royaume Uni) produit 60 milliards de boîtes par an dans 16 usines aux Etats-Unis, 21 % du marché, 15 usines dans l'Union européenne, 45 % du marché, 11 usines en Amérique du Sud, 3 en Russie, 1 en Chine, Inde, Egypte, Mexique, Turquie, Corée du Sud.

[Toyo Seikan Kaisha](#) (Japon), possède 16 usines au Japon, 3 en Chine et en Thaïlande, 1 au Viet-Nam.

[Can Pack](#) (Pologne) produit 7,5 milliards de boîtes par an.

En France, la première unité de production de boîtes a été implantée en 1985 par la Sofreb (aujourd'hui Crown Bevcan) à Custines (54) en utilisant le fer-blanc produit par l'usine Sollac de Mardyck reconvertie actuellement dans la production d'acier galvanisé. La capacité totale de production de boîtes est, en 2010, de 5,6 milliards d'unités et 10 milliards de couvercles. Crown Bevcan exploite une usine de production de boîtes en acier à Custines (54), Ball Packaging une usine de boîtes en acier à Bierne (59) et une de boîtes en aluminium à La Ciotat (13) et Rexam une usine de couvercles à Mont (64). En 2010, les ventes ont été de 3,9 milliards de boîtes, à 24 % contenant de la bière.

Consommation de boîtes de boisson : Monde en 2010 : 250 milliards de boîtes, Union européenne (en 2010) : 47 milliards.

- États-Unis (en 2010) : 96,5 milliards totalement en aluminium.
- Japon (en 2005) : 31,8 milliards à 58 % en aluminium.
- Brésil (en 2010) : 17 milliards.
- Chine (en 2010) : 15 milliards.
- Royaume-Uni (2010) : 9,4 milliards.
- Russie (en 2010) : 5 milliards.
- France (en 2010) : 3,9 milliards.
- Allemagne (2010) : 3 milliards.

Evolution de la consommation de boîtes-boisson en Europe (y compris Turquie et Russie) : 15 millions de boîtes en 1987, 32 milliards en 1996, 54 milliards en 2010.

Générateurs aérosols :

En 2010, la production mondiale de générateurs aérosols, en fer blanc ou en aluminium, est d'environ 12 milliards d'unités dont 5 milliards dans l'Union européenne. Les productions, en 2010, ont été de 3,7 milliards d'unités aux Etats-Unis, 1,4 milliard d'unités au Royaume-Uni, 1,3 milliard d'unités en Allemagne, 1,2 milliard d'unités en Chine, 0,9 milliard d'unités en Argentine, 0,6 milliard d'unités en Italie, 0,6 milliard d'unités en France, 0,5 milliard d'unités au Japon. Elles sont utilisées, dans l'Union européenne, à 53 % pour les soins personnels, 22 % pour des produits d'entretien, 8 % pour l'automobile et les applications industrielles, 7 % pour des aliments, 6,5 %, pour les produits pharmaceutiques et vétérinaires, 3,7 % pour les peintures et vernis.

Dans l'Union européenne, la part du fer blanc est de 51,6 %, celle de l'aluminium de 48,2 %, celle du verre et du plastique de 0,2 %.

En France, sur une production totale, en 2009, de 505,117 millions d'unités, la part de l'aluminium est de 64 %, celle de l'acier de 34 % et de 1,2 % pour le verre, avec 232,241 millions d'unités pour les produits pour le corps (80 % aluminium, 20 % acier), 109,553 millions d'unités pour les produits pharmaceutiques et vétérinaires (93 % aluminium, 1 % acier), 81,860 millions d'unités pour les produits pour la maison (13 % aluminium, 87 % acier).