

ACIERS 2015

MATIÈRES PREMIÈRES :

Avec une teneur, en masse, de 5 %, le fer est, après l'[aluminium](#), le 2^{ème} élément métallique le plus répandu dans l'écorce terrestre.

Minerai :

Le fer est présent sous forme oxydée, Fe₂O₃ (hématite) ou parfois Fe₃O₄ (magnétite), avec des teneurs en fer comprises entre 30 %, pour les minerais pauvres, et 66 %, pour les minerais riches. La teneur en fer d'un minerai constitué d'hématite pure serait de 69,94 %.

Une partie de la production brésilienne est sous forme d'itabirite qui est un minerai de fer (hématite, magnétite), métamorphisé, en présence de quantités importantes de quartz. Les teneurs en fer sont comprises entre 37 et 52 %.

Principaux complexes miniers : en millions de t.

Complexe minier	Exploitant	Production 2014	Complexe minier	Exploitant	Production 2014
Hamersley, Australie	Rio Tinto	163	Solomon Hub, Australie	FMG	58
Carajas, Brésil	Vale	120	Area C, Australie	BHP Billiton	57
Chichester Hub, Australie	FMG	90	Hope Downs, Australie	Rio Tinto	43
Yandi, Australie	BHP Billiton	79	Mariana Hub, Brésil	Vale	39
Mt Whaleback	BHP Billiton	77	Sishen, Afrique du Sud	Anglo American	36

Source : Intelligence Mine

Environ 98 % de la production minière de fer est destinée à l'élaboration de l'acier.

Ferrailles :

Leur part dans la production d'acier est importante. Voir plus loin.

Productions minières : en 2014, en millions de t de minerai contenant 65 % de fer. Monde : 2 033, Union européenne : 31.

Australie	724	Russie	101	Canada	44
Brésil	399	Ukraine	82	Iran, en 2013	38
Chine	193	Afrique du Sud	67	Suède	28
Inde	130	Etats-Unis	54	Kazakhstan	16

Source : Worldsteel in figures 2016 et Steel Statistical Yearbook

Les teneurs des minerais variant en moyenne de 30 % pour la Chine à 66 % pour le Brésil, les productions ont été ramenées à des teneurs moyennes de 65 %.

Producteurs : en 2015, en millions de t de minerai.

Vale (Brésil)	346	Anglo American (Afrique du Sud)	54
Rio Tinto (Australie)	263	Metalloinvest (Russie)	40
BHP-Billiton (Australie)	233	Metinvest (Ukraine)	32
FMG (Australie)	164	LKAB (Suède)	25
ArcelorMittal (Luxembourg)	63	US Steel (Etats-Unis)	17

Source : rapports des sociétés

- Au Brésil, [Vale](#), exploite du minerai de fer, à ciel ouvert, dans 4 ensembles (Nord, dans l'état de Pará, Sud-Est et Sud dans l'état de Minas Gerais et Centre-Ouest, dans l'état du Mato Grosso du Sud et partage moitié-moitié, avec BHP-Billiton, les mines de [Samarco](#) dans l'état de Minas Gerais. Les réserves prouvées et probables de Vale sont de 17,5 milliards de t contenant, en moyenne, 53,8 % de fer. La production de l'ensemble Nord, à Carajás, avec 3 mines, a été, en 2015, de 129,6 millions de t de minerai contenant 66,7 % de fer sous forme d'hématite. Les mines de Carajás ont été découvertes en 1967 et leur production a débuté en 1986. Les réserves sont de 7,0 milliards de tonnes de minerai contenant 66,7 % de fer. La mine produit également du minerai de [cuivre](#), de [manganèse](#), d'[or](#). La mine, exploitée à ciel ouvert, à 500 m de profondeur, est située, en Amazonie, au sud de l'état de Pará. Le minerai, qui ne nécessite pas d'enrichissement, est acheminé, en 30 heures, par voie ferrée (16 convois/jour de 330 wagons), sur 892 km, jusqu'au port de São-Luis. La construction de la voie ferrée a compté pour 56 % des investissements, l'infrastructure minière pour 20 %, l'ensemble portuaire pour 14 %. Au total, de la mine au port, 4 000 personnes sont employées.

L'ensemble Sud-Est, sur 3 sites et 8 mines, a produit, en 2015, 112,6 millions de t avec des réserves de 5,0 milliards de t contenant, en moyenne, 46,4 % de fer. Le minerai d'itabirite, contient de 35 à 60 % de fer, il doit être concentré. L'ensemble Sud, sur 3 sites et 9 mines, a produit, en 2015, 86,7 millions de t avec des réserves de 5,5 milliards de t contenant, en moyenne, 44,3 % de fer.

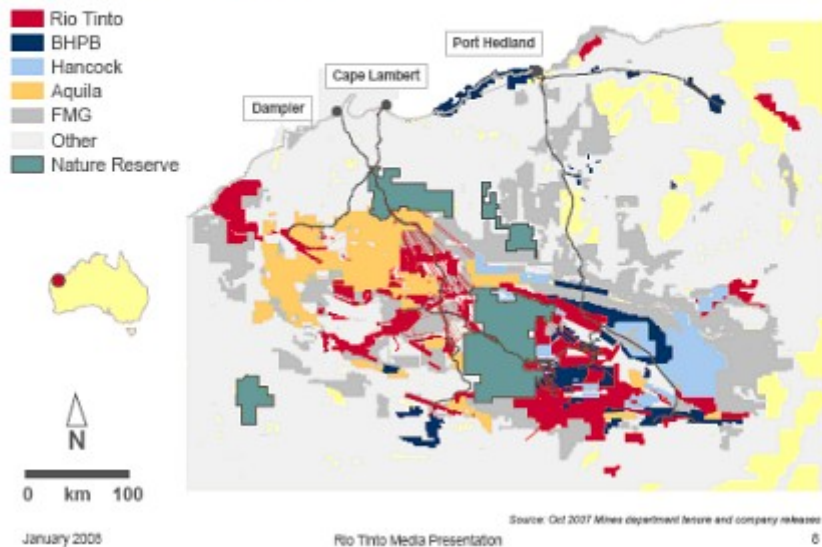
L'ensemble Centre-Ouest, avec 2 mines, a produit, en 2015, 4,5 millions de t. Les mines de Samarco, ont produit, en 2015, 12,7 millions de t destinées à Vale.

En 2015, la production de Vale a été destinée à 69 % à l'Asie dont 54 % à la Chine, 15 % à l'Europe, 11 % au Brésil.

- Les principaux gisements australiens, à ciel ouvert, sont situés dans la région de Pilbara au nord-ouest de l'Australie occidentale. Ils sont exploités, en particulier, par [Rio Tinto](#), [BHP-Billiton](#) et [FMG](#).

Iron Ore – The Pilbara

Pilbara tenement position



En 2015, la production de Rio Tinto a été réalisée à 96 % en Australie, sur le gisement de Pilbara, avec 15 mines en activité, 4 ports d'exportation du minerai et 1 700 km de voies ferrées. Cette exploitation est effectuée à travers 2 sociétés. Hamersley Iron possède 11 mines dont 3 en joint venture (Channar et Eastern Range avec des sociétés chinoises et Hope Down 50-50 avec [Hancock Prospecting](#)) et exporte le minerai via le port de Dampier. Robe River Iron Associates détenue à 53 % par Rio Tinto, associé à des sociétés japonaise (Mitsui, Nippon Steel et Sumitomo) possède 3 mines et exporte son minerai via le port de Cap Lambert. La capacité de production de Rio Tinto, en Australie, a été portée, en 2015, à 360 millions de t/an.

Par ailleurs, Rio Tinto détient 58,7 % de la société [Iron Ore Company of Canada](#) qui exploite à ciel ouvert un gisement au Canada, à Labrador City. L'exploitation minière canadienne possède 575 millions de t de réserves prouvées et probables contenant 65 % de fer. En 2015, la production a été de 10,4 millions de t acheminées par 418 km de voies ferrées jusqu'au port de Sept-îles, au Québec. Le total des réserves prouvées et probables de Rio Tinto représente 1,388 milliard de t de minerai. Rio Tinto a le projet d'exploiter, avec une participation de 46,6 %, en association avec [Chinalco](#) et l'état guinéen, le gisement de [Simandou](#), en Guinée. Les réserves sont de 1,8 milliard de t contenant 65,5 % de fer. La capacité de production prévue est de 95 millions de t/an devant être acheminées par 650 km de voies ferrées jusqu'à un port d'exportation situé au sud de Conakry.

La production de [BHP-Billiton](#) a été, en 2015, réalisée, à 93,7 % sur le gisement de Pilbara, en Australie, par la société Western Australia Iron Ore (WAIO) avec 4 joint ventures détenues à 85 % (Mt Newman, Yandi, Mt Goldsworthy et Jumblebar) avec les groupes japonais Mitsui et Itochu, le minerai étant acheminé par 1 000 km de voies ferrées vers 2 ports situés à Port Hedland.

L'exploitation la plus importante, Mt Whaleback, détenue par la joint venture Mt Newman, a débuté en 1968 et s'étend sur une surface de 5x1,5 km, avec un minerai titrant 68 % de fer. C'est la plus importante mine de fer au monde, à ciel ouvert, d'un seul tenant.

Par ailleurs, BHP-Billiton détient moitié-moitié avec Vale, la société [Samarco](#) qui exploite des gisements au Brésil, avec, en 2015, une production revenant à BHP-Billiton de 14,5 millions de t. Les réserves prouvées et probables de BHP-Billiton sont, en Australie, de 3,9 milliards de t à 62 % de Fe et 2,9 milliards de t au Brésil à 39,6 % de Fe.

Fortescue Metals Group (FMG), exploite 2 complexes miniers dans la région de Pilbara au nord-ouest de l'Australie occidentale, Chichester avec les mines de Cloudbreak et Christmas Creek et Solomon avec les mines de King Valley et Firetail. Le minerai est acheminé par 620 km de voies ferrées jusqu'au port de Herb Helliot. Les réserves sont de 2,4 milliards de t de minerai d'hématite renfermant 57,3 % de Fe et de 705 millions de t de minerai de magnétite renfermant 67,2 % de Fe.

- En Russie, les principales mines exploitent l'Anomalie Magnétique de Koursk (KMA), située en Russie centrale. Le gisement actuellement exploité, à ciel ouvert, à 220-270 m de profondeur, est constitué de quartzites ferrugineuses contenant environ 36 % de fer. Ce gisement constitue la plus grande ressource de fer, dans le monde.

Commerce international : en 2015.

- Principaux pays importateurs, en millions de t de minerai : sur un total mondial de 1 467 dont 150 pour l'Union européenne.

Chine	953	Taiwan	24
Japon	131	France	16
Corée du Sud	73	Malaisie	15
Allemagne	41	Royaume Uni	12
Pays Bas	32	Oman	11

Source : International Trade Center

- Principaux pays exportateurs, en millions de t de minerai : sur un total mondial de 1 502 dont 43 pour l'Union européenne.

Australie	810	Pays Bas	23
Brésil	366	Russie	21
Afrique du Sud	65	Suède	20
Ukraine	40	Chili	14
Canada	37	Malaisie	13

Source : International Trade Center

Réserves : en 2015, en millions de t de fer contenu. Monde : 85 000.

Australie	24 000	Etats-Unis	3 500
Russie	14 000	Venezuela	2 400
Brésil	12 000	Ukraine	2 300
Chine	7 200	Canada	2 300
Inde	5 200	Suède	2 200

Source : USGS

En 2015, le groupe Vale (Brésil) possède 17,5 milliards de t de réserves de minerai devant le groupe russe Metalloinvest avec 14,2 milliards de t et BHP Billiton (Australie) avec 6,8 milliards de t.

Situation française : en 2015.

Le minerai exploité jusqu'en 1997 était pauvre et phosphoreux (la minette de Lorraine). Il contient de 30 à 34 % de fer et 0,7 % de phosphore. La production, située en Lorraine, était effectuée souterrainement, en 1980, à l'aide de 23 puits. Depuis août 1993, la sidérurgie française s'approvisionne exclusivement en minerai importé.

- Évolution de la production française : le maximum a été atteint en 1960 avec 67 millions de t de minerai (c'était le 3^{ème} producteur mondial après l'URSS et les États-Unis), en 1974 la production était de 54 millions de t et, en 1991, de 7,5 millions de t. En plus de 200 ans, 3 milliards de t de minette ont été extraites.
- Après la fin de l'extraction lorraine, deux petites exploitations minières ont fonctionné pour alimenter des clients tels que les [cimenteries](#). La mine de Rougé (44) avec une douzaine de personnes qui extrayait quelques dizaines de milliers de t/an a fermé en 2003 et celle de Batère (66) avec 3 à 4 personnes et 6 000 t/an qui a fermé en 2001.
- Les réserves sont estimées à 800 millions de t de fer contenu.
- Importations : 15 565 847 t de minerai provenant du Brésil à 46 %, du Canada à 38 %, du Libéria à 7 %.
- Exportations : 100 045 t vers l'Allemagne à 71 %, la Belgique à 15 %, l'Espagne à 6 %.

ACIERS - SIDÉRURGIE

L'acier, après le bois, est le matériau le plus utilisé dans le monde, devant le [béton](#) et les matières plastiques.

L'acier est constitué principalement de fer, avec des teneurs en carbone inférieures à 1 % (formellement inférieures à 2 % - des teneurs supérieures donnent la fonte) et contient des ajouts, en quantités variables, de divers éléments. Sa composition, mais aussi les traitements thermiques subis, son revêtement de surface... font de l'acier un matériau comprenant de très nombreuses nuances (plus de 3 500) chacune adaptée à un emploi particulier. De plus, c'est un matériau en perpétuelle évolution.

Remarque : les [aciers inoxydables](#), l'[acier zingué](#), le [fer chromé](#) et le [fer blanc](#), sont traités dans la partie matériaux.

FABRICATION DE L'ACIER : soit à partir de minerai [pour 70 % de la production mondiale](#) soit à partir de [ferrailles pour 30 % de la production mondiale](#).

A partir de minerai :

Principe :

La réduction de l'oxyde de fer contenu dans le minerai est réalisée par le monoxyde de carbone formé à partir de [coke](#) dans un haut fourneau qui donne de la fonte. La température de fonctionnement du haut-fourneau permet d'obtenir de la fonte liquide surmontée d'un laitier également liquide renfermant une grande partie des impuretés. L'élaboration de la fonte est suivie par son affinage, par oxydation du carbone, dans un convertisseur qui donne de l'acier, puis par un laminage à chaud et/ou à froid qui donne des produits longs (rails...) ou plats (tôles...).

Évolutions :

- Hauts-fourneaux : développement de l'injection de [charbon](#) aux tuyères (de 130 à 200 kg/t de fonte) et de l'automatisation du fonctionnement (5 800 capteurs pour le haut-fourneau n°4 de Dunkerque). L'injection de charbon permet de réduire la consommation de [coke](#) qui est ainsi d'environ 300 kg/t de fonte.

La durée de vie d'un haut-fourneau est de l'ordre de 25 ans, la durée de fonctionnement en continu, entre deux réparations, de 12 ans, en moyenne.

- Convertisseurs : un ajout de ferrailles peut être effectué à ce niveau.

- par lance : LD (Linz-Donawitz), OLP (Oxygène-Lance-Poudre), LD-AC (LD-Arbed-CRM).

- par le fond : LWS (Loire-Wendel-Sidelor).

- par soufflage mixte (fond et lance) : par exemple, LBE (Lance-Brassage-Equilibre) : insufflation de gaz neutre par le fond d'un convertisseur à lance verticale.

- Le développement de ces procédés a été lié à celui de la production massive de [O₂](#) transporté par [oxyducs](#) (voir le chapitre consacré au [dioxygène](#)).

- En France, il n'y a plus de convertisseurs Bessemer-Thomas depuis 1980 et de fours Siemens-Martin depuis 1982. En France, fonctionnent 2 aciéries de conversion avec 2 LD à Dunkerque et Fos-sur-Mer.

- Métallurgie en poche effectuée entre le convertisseur et la coulée. Elle permet les ajouts nécessaires à la qualité requise de l'acier, son homogénéisation, la désoxydation ou le dégazage (par le vide), la mise en température.

- La coulée continue : actuellement concerne 96 % de l'acier produit en France. Elle remplace 3 opérations par une : coulée en lingots, réchauffage, laminage en demi-produit. L'acier est coulé dans un moule sans fond et donne directement un demi-produit.

Exemple d'une usine intégrée : Fos sur Mer : 4,5 millions de t/an.

Réception des matières premières :

- Minerai et [charbon](#) : 640 m de quai pour des bateaux de 230 000 t.

- Chaux : le [calcaire](#) est extrait d'une carrière située à 25 km : 1 million de t/an, pour alimenter l'usine à chaux.

Préparation des minerais, cokéfaction et agglomération :

- Concassage du minerai : 2 lignes de 300 t/h chacune comportant 3 concasseurs en série.

- Cokerie : traite 2,3 millions de t/an de charbon pour produire 1,73 million de t/an de [coke](#) (1,48 pour les hauts-fourneaux, 0,25 pour l'agglomération du minerai), dans 108 fours. La cuisson dure 17,5 h, le coke est éteint par arrosage à l'eau.

- L'agglomération du minerai est réalisée sur une chaîne de 5x110 m. La couche de minerai atteint au maximum 50 cm.

Hauts-fourneaux : 2 de 2,5 millions de t/an chacun, soit 7 000 t/jour. Pour chaque haut-fourneau :

- Caractéristiques : volume total : 3 049 m³, diamètre du ventre : 12,89 m, diamètre du creuset : 11,8 m, hauteur totale : 31,43 m, 28 tuyères. Le refroidissement des parois est assuré par de l'eau circulant en circuit fermé entre des plaques. Les hauts-fourneaux ont été rénovés en 2007 et 2011.

- Consommations (en kg/t de fonte) : minerai aggloméré : 1 500, minerai calibré : 200, coke : 315, charbon d'injection : 170.

- Chauffage du vent : 3 cowpers avec pour chacun 58 000 m² de surface de chauffe. Ils permettent d'atteindre des températures de 1250-1300°C.

- Coulée : dans des poches-tonneaux de 450 t dans lesquelles un premier traitement de désulfuration par du carbure de calcium ou de la chaux est pratiqué.

Aciérie : 2 convertisseurs de 335 t.

- Soufflage de dioxygène par lance et par le fond et soufflage de gaz neutres par le fond pour diminuer la teneur en carbone, manganèse et phosphore et éliminer le silicium de la fonte enfournée. Cette opération permet également d'assurer un brassage du liquide et la remontée des impuretés vers le laitier. Addition de chaux pour neutraliser le laitier et de dolomie pour protéger le revêtement réfractaire du convertisseur. Enfournement de ferrailles pour assurer l'équilibre thermique du bain.

- Métallurgie en poche : passage du métal dans des installations de désulfuration puis d'affinage et de mise en température. Lors de la coulée en poches la composition est ajustée par ajout de ferro-alliages.

Coulée continue : 2 installations. Caractéristiques de l'installation la plus récente :

- Capacité de production : 2,43 millions de t/an, vitesse de coulée : 1,8 m/min, largeur : 1,05 à 2,2 m, épaisseur : 0,22 m.

Laminage : par un train à bande de 4,5 millions de t/an de capacité. Caractéristiques :

- 1 cage verticale, 5 cages horizontales dégrossisseuses et 7 cages finisseuses.

- Épaisseurs visées : 1,2 à 20 mm, vitesse maximale de laminage atteinte : 97 km/h.

Bilan énergétique : pour produire 1 t de bobines laminées à chaud, en millions de joules.

Haut-fourneau	12 828	Cokerie	2 109
Laminage à chaud	3 106	Coulée continue	232
Agglomération	2 876	Convertisseurs	176

RECYCLAGE À PARTIR DES FERRAILLES :

Les ferrailles sont principalement utilisées dans des fours électriques à arc. Elles peuvent également être ajoutées, jusqu'à 30 %, à la fonte liquide dans les convertisseurs à oxygène (voir plus haut).

Les ferrailles sont récupérées, broyées (par des broyeurs à marteaux) puis triées magnétiquement.

Le broyeur le plus puissant exploité par la société SIMS Metal Management (Australie, n°1 mondial du recyclage des métaux) fonctionnant à Newport (Royaume-Uni) traite à l'heure, 450 véhicules pour donner 350 t de métal.

Origine des ferrailles :

Elles proviennent des véhicules hors d'usage, des biens de consommation en fin de vie (électroménager, emballages...), de la démolition de bâtiments... mais aussi des chutes neuves de

fabrication. Au total, la sidérurgie mondiale recycle, en moyenne, 650 millions de t/an d'acier. En 2013, les taux de recyclage sont de 85 % pour l'acier utilisé dans les constructions, avec une durée de vie de 40 à 70 ans, 85 % pour l'acier utilisé dans les automobiles avec une durée de vie de 7 à 15 ans, 90 % pour l'acier utilisé dans la construction de machines, avec une durée de vie de 10 à 20 ans, 50 % pour l'acier utilisé dans les équipements électriques et les appareils ménagers, avec une durée de vie de 4 à 10 ans. En moyenne, en 2013, le taux de recyclage est de 83 %.

On estime que dans le monde, sont utilisés 200 milliards d'emballages en acier, recyclés à 68 %, soit 7,2 millions de t/an d'acier.

- En France, les taux de recyclage sont de 95 % pour les automobiles, 75 % dans le bâtiment et l'électroménager, 62 % dans l'emballage.

- Pour chaque tonne d'acier recyclé sont économisés 1,4 t de minerai de fer, 740 kg de charbon et 120 kg de calcaire.

Récupération des ferrailles :

En France, en 2014, en millions de t.

- Collecte nationale de ferrailles : 12,9, dont chutes neuves : 2,3, démolition : 1,4, véhicules hors d'usage : 1,2.

- Consommation : 7,7.

- Les ferrailles proviennent à 33,1 % des chutes de la sidérurgie et des industries de transformation de l'acier et 66,9 % de la récupération d'acier usagé.

- Producteurs : n° 1 : [Derichebourg](#) qui a traité, en 2015, 3,2 millions de t de ferrailles avec 38 broyeurs-déchetteurs.

Consommations de ferrailles, en 2013, en millions de t : monde : 580, Union Européenne : 89,9.

Chine	85,7	Italie	19,8
Etats-Unis	63,0	Russie	19,4
Japon	36,7	Allemagne	18,8
Corée du Sud	32,7	Espagne	11,3
Turquie	30,4		

Source : BIR

Commerce international : en 2015.

- Principaux pays exportateurs : les exportations ont porté sur 82,8 millions de t dont 40,1 millions de t pour l'Union européenne. En millions de t :

Etats-Unis	13,0	France	5,4
Japon	7,8	Pays Bas	4,1
Allemagne	7,5	Canada	3,4
Royaume Uni	7,3	Belgique	3,2
Russie	5,9	Australie	2,3

Source : Worldsteel in figures 2016

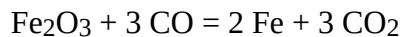
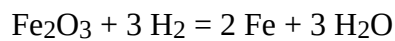
- Principaux pays importateurs : les importations ont porté sur 82,9 millions de t dont 29,1 millions de t pour l'Union européenne. En millions de t :

Turquie	16,3	Allemagne	4,2
Corée du Sud	5,8	Belgique	4,2
Inde, en 2014	5,7	Etats-Unis	3,5
Espagne	5,0	Taiwan	3,4
Italie	4,6	Chine	2,3

Source : Worldsteel in figures 2016

Minerais pré-réduits (DRI : Direct Reduced Iron ou HBI : Hot Briquetted Iron) :

Les fours électriques utilisent principalement de la ferraille. Toutefois, pour des pays producteurs de [gaz naturel](#), il peut être intéressant de réduire du minerai, à l'aide de gaz naturel ayant subi un réformage, et d'utiliser ce minerai pré-réduit pour alimenter des fours électriques. Le [procédé Midrex](#), utilisé, en 2014, pour 63,2 % de la production de minerais pré-réduits consiste à traiter, dans un four à cuve, à une température inférieure à 1100°C, le minerai par du gaz naturel réformé qui donne du monoxyde de carbone et du dihydrogène (voir le chapitre [dihydrogène](#)). Les réactions mises en jeu sont les suivantes :



- La température atteinte ne permet pas la fusion du minerai, on obtient une « éponge » de fer. La teneur en fer atteint 92 à 93 % avec 1,4 à 2 % de carbone. Les capacités de production, par installation, peuvent atteindre 1 million de t/an.
- D'autres procédés sont employés : HyL, le plus ancien (1957), Fior, en lit fluidisé...
- La production mondiale est, en 2015, de 67,3 millions de t dont 0,7 million de t dans l'Union européenne (Allemagne et Suède). En millions de t :

Inde	17,4	Emirats Arabes Unis	3,2
Iran	14,5	Qatar	2,6
Mexique	5,5	Egypte	2,5
Russie, en 2014	5,4	Trinidad & Tobago	2,2
Arabie Saoudite	4,8	Canada	1,5

Source : Worldsteel in figures 2016

Fours électriques à arc :

Ils utilisent directement de la ferraille ou des minerais pré-réduits, ces derniers représentant 15 % de la production mondiale d'aciers au four électrique.

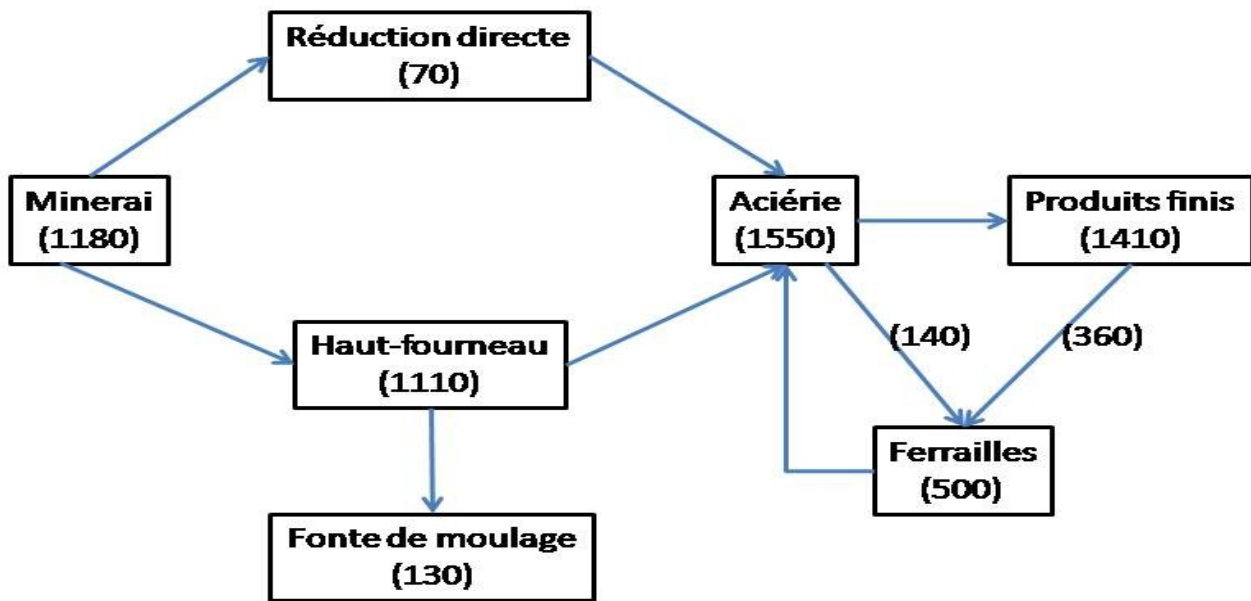
- Les fours à arc comportent 1 ou 3 électrodes. Les capacités vont de 10 à 220 t. Chaque coulée est effectuée, en moyenne, toutes les 50 à 60 minutes. Les fours les plus performants permettent 30 coulées/jour, le record étant de 7 850 coulées/an. La puissance des fours atteint 0,9 MVA/t, avec une consommation électrique de 320 kWh/t. La consommation de [dioxygène](#) est de 30 m³/t.
- Les fours électriques à arc à courant continu, plus économiques que ceux à courant alternatif, sont de plus en plus employés.
- En France, en 2012, fonctionnent 19 aciéries électriques, voir [carte](#).

Utilisation mondiale des procédés de production : en 2015, en % de la production.

Pays	Coulée continue	Oxygène	Electrique	Martin
Monde	96,1	74,4 %	25,1 %	0,4 %
Union européenne	96,8	60,6 %	39,4 %	0
France	96,1	65,6 %	34,4 %	0
Allemagne	97,0	70,4 %	29,6 %	0
Italie	94,3	21,8 %	78,2 %	0
Japon	98,1	77,1 %	22,9 %	0
États-Unis	99,0	37,3 %	62,7 %	0
Russie	81,8	67,7 %	29,0 %	2,4 %
Chine	98,3	93,9 %	6,1 %	0

Source : Worldsteel in figures 2016

Schéma simplifié de l'approvisionnement de la sidérurgie mondiale en millions de t de fer contenu, en 2012



Consommations de la sidérurgie :

Consommations moyennes selon la voie utilisée : en 2014, pour une tonne d'acier brut.

	Voie haut fourneau - convertisseur	Voie four électrique
Minerai de fer	1,4 t	0
Charbon	800 kg	16 kg
Calcaire	300 kg	65 kg
Acier recyclé	120 kg	880 kg

Energie	19,8 à 31,2 GJ	9,1 à 12,5 GJ
---------	----------------	---------------

Source : World Steel Association

Energie : la consommation moyenne est, en 2013, de 20,0 GJ/t d'acier brut. En France, en 2013, la consommation d'énergie est de 5,245 millions tep, à partir de charbon et coke métallurgique à 65,2 %, d'[électricité](#) à 15,0 %, de [gaz naturel](#) à 9,9 %, de charbon et coke énergétique à 9,8 %, de fioul à 0,1 %.

- [Eau](#) : 2,5 m³/t d'acier à Sollac Dunkerque.

- [Produits réfractaires](#) : 13 kg/t d'acier brut.

Coproduits et émissions :

Principaux coproduits de la sidérurgie :

- Les laitiers de hauts-fourneaux (300 kg/t d'acier) et les scories d'aciéries sont utilisés dans la construction routière, les [cimenteries](#), la fabrication de laine de roche, la fertilisation. Ce sont des coproduits à forte valeur ajoutée.

- Les sous-produits des [cokeries](#) (sulfate d'ammonium...) sont utilisés en chimie.

Emissions : par t d'acier, dans des installations modernes : 2 kg de poussières, 2,45 kg de [SO2](#). Les émissions de [CO2](#) sont de 1,8 t/t d'acier, elles représentent 6,7 % du total des émissions mondiales.

Les hauts-fourneaux sont susceptibles de détruire, par incinération, des déchets de matières plastiques non recyclables. Par exemple, en Allemagne, ces déchets sont introduits, en remplacement de pétrole, dans des hauts-fourneaux.

Les aciers spéciaux :

Pour plus de détails sur les [aciers inoxydables](#) voir ce chapitre.

- Aciers inoxydables : contenant par exemple 18 % de [Cr](#) et 10 % de [Ni](#) pour les aciers austénitiques. En 2015, production de 41,548 millions de t dans le monde dont 291 000 t, en France.

- Autres aciers alliés spéciaux :

- Aciers à roulements : contenant 1 % de C, 1,5 % de Cr.

- Aciers à outils : contenant jusqu'à 18 % de [W](#), 1,5 % de C.

- Autres : tôles pour transformateurs (3 % de [Si](#)), aciers à ressort (Mn-Si ou Cr-Mo-Si), aciers pour cryogénie (6 à 9 % de Ni), aciers pour chaudières (Mn-Mo ou Cr-Mo), aciers résistant à l'abrasion (13 % de [Mn](#)), aciers à dilatation nulle (Invar, 36 % de [Ni](#)), aciers magnétiques (Fe-Al-Ni), aciers réfractaires (25 % de Cr, 12 % de Ni).

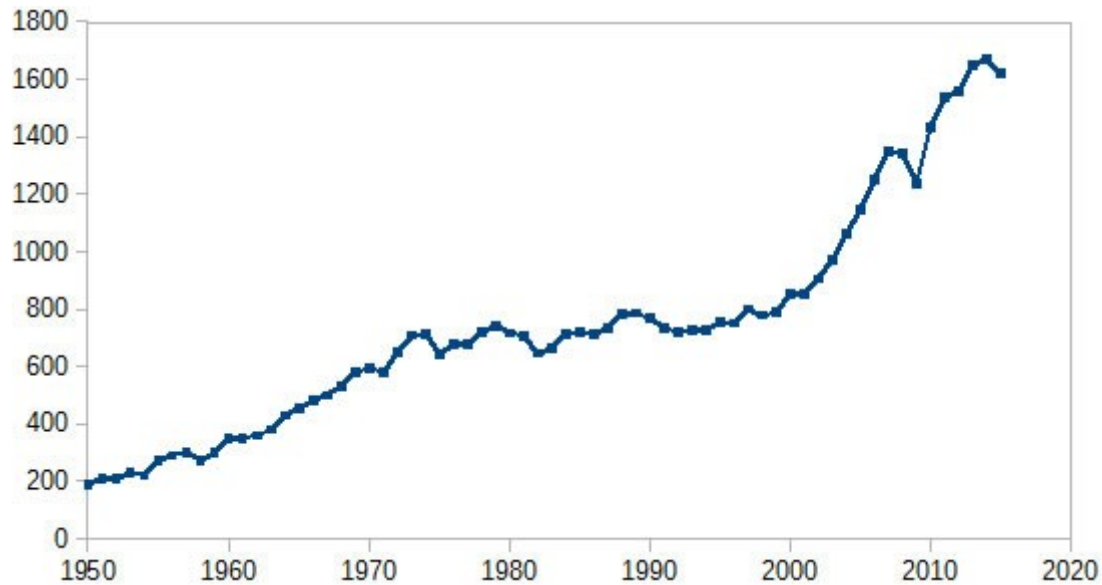
PRODUCTION d'acier brut : en 2015, en millions de t. Monde : 1 621, Union européenne : 166.

Chine	803,8	Turquie	31,5
Japon	105,2	Ukraine	23,0
Inde	89,4	Italie	22,0
États-Unis	78,8	Taiwan	21,4
Russie	70,9	Mexique	18,2

Corée du Sud	69,7	Iran	16,1
Allemagne	42,7	France	15,0
Bésil	33,3	Espagne	14,8

Source : Worldsteel in figures 2016

Évolution de la production mondiale d'acier



Principaux pays exportateurs : en 2015, en millions de t, sur un total de 462, dont 33,8 pour l'Union européenne.

Chine	112	Ukraine	18
Japon	41	Italie	16
Corée du Sud	31	Belgique	15
Russie	30	Turquie	15
Allemagne	25	France	14

Source : Worldsteel in figures 2016

Principaux pays importateurs : en 2015, en millions de t, sur un total de 462, dont 37,7 pour l'Union européenne.

Etats-Unis	36	Viet Nam	16
Allemagne	25	Thaïlande	15
Corée du Sud	22	France	14
Italie	20	Inde	13
Turquie	19	Chine	13

Source : Worldsteel in figures 2016

La sidérurgie mondiale :

- Importance de la Chine : devenue n°1 mondial, la progression importante de la production mondiale de ces dernières années est principalement due à la Chine et dans une moindre mesure à l'Inde. Importatrice d'acier jusqu'en 2004, en 2005, la Chine a équilibré importations et exportations (27,3 millions de t d'acier importées pour 27,4 millions de t exportées). En 2015 elle est exportatrice nette (112 millions de t exportées pour 13 millions de t importées). Ses besoins en matières

premières (minerai de fer, nickel...) sont considérables et font de la Chine un acteur important sur les marchés de matières premières.

- Importance du Japon : 2^{ème} producteur mondial. Le développement de la sidérurgie japonaise est récent : après la 2^{ème} guerre mondiale. La production a été multipliée par 12 de 1955 à 1973. Le Japon n'a ni charbon ni minerai de fer. Cette situation est caractéristique de la modification de l'implantation géographique de la sidérurgie. En France, déclin de la Lorraine au profit du littoral : Dunkerque en 1962, Fos en 1975. La sidérurgie de la Corée du Sud a suivi la même voie que celle du Japon. En 2015, les exportations du Japon sont de 40,8 millions de t, les importations de 5,9 millions de t.

- La sidérurgie américaine est moins performante que la sidérurgie européenne : les produits japonais mais aussi européens sont compétitifs sur le marché américain. Les États-Unis importent, en 2015, 36,5 millions de t. Ils exportent 10,0 millions de t.

- Le commerce de l'acier est important : 462 millions de t en 2015. Bien que les pays en voie de développement construisent des sidérurgies nationales (c'est un critère de développement) ils restent globalement importateurs.

- Union européenne : en 2015, les exportations de l'Union Européenne ont porté sur 14,8 millions de t de produits plats et 10,3 millions de t de produits longs et les importations sur 18,7 millions de t de produits plats et 5,1 millions de t de produits longs.

Les exportations de produits plats sont destinés à 24 % à la Turquie, 18 % aux Etats-Unis, 6 % à la Suisse, 5 % à la Chine, celles de produits longs, à 37 % à l'Algérie, 10 % aux Etats-Unis, 9 % à la Turquie, 8 % à la Suisse.

Les importations de produits plats proviennent à 32 % de Chine, 16 % de Russie, 10 % d'Ukraine, 10 % de Corée du Sud, 6 % d'Inde, celles de produits longs à 17 % de Chine, 14 % de Biélorussie, 13 % d'Ukraine, 11 % de Turquie, 10 % de Suisse.

Les principales sociétés sidérurgiques européennes sont regroupées dans [Eurofer](#).

Évolution de la sidérurgie européenne entre 1978 et 1998 : nombre de hauts fourneaux : de 281 à 89, nombre de convertisseurs à oxygène : de 193 à 95, nombre de fours électriques : 539 à 195.

Nombre d'employés dans l'Union européenne, en 2015 : 320 788 dont 86 249 en Allemagne.

Évolution de la répartition de la production mondiale :

	Europe de l'Ouest	Amérique du Nord	ex URSS	Japon	Chine	Autres pays
1930	44,9 %	43,8 %	6,1 %	2,4 %		2,8 %
1950	31,2 %	46,7 %	14,0 %	2,5 %		5,6 %
1970	33,9 %	21,9 %	19,5 %	15,7 %		9,0 %
1980	31,1 %	16,4 %	20,6 %	15,5 %		20,2 %
1990	21,8 %	13,1 %	20,0 %	14,3 %	9 %	21,8 %
1995	22,8 %	14,4 %	10,5 %	13,6 %	12,7 %	26,0 %

2010	9,7 %	6,7 %	8,0 %	7,1 %	46,4 %	22,0 %
2015	8,8 %	5,6 %	6,2 %	6,5 %	49,6 %	23,3 %

Source : IISI, Steel Statistical Yearbook

Producteurs : en productions de 2015 en millions de tonnes d'acier.

ArcelorMittal (Luxembourg)	97,1	Tata Group (Inde)	31,2
Hesteel Group (Chine)	50,1	Wuhan Steel Group (Chine)	25,3
Nippon Steel & Sumitomo Metal (Japon)	45,8	Shandong Steel Group (Chine)	22,8
Posco (Corée du Sud)	43,9	Hyundai Steel (Corée du Sud)	20,4
Baosteel Group (Chine)	39,3	Nucor Corporation (Etats-Unis)	20,2
Shagang Group (Chine)	38,4	Maanshan Steel (Chine)	19,3
Ansteel Group (Chine)	35,1	Thyssenkrupp (Allemagne)	19,0
JFE Steel Corporation (Japon)	33,7	Gerdau (Brésil)	18,8
Shougang Group (Chine)	31,5	Tianjin Bohai Steel (Chine)	17,2

Source : Worldsteel, Steel Statistical Yearbook

- Depuis 2006, après l'acquisition d'Arcelor par Mittal Steel, [ArcelorMittal](#) est n°1 mondial. Mittal avait dans un premier temps regroupé les activités des sociétés néerlandaises Ispat International et LNM Holding puis acquis ISG (International Steel Group). Arcelor était né en février 2002 de la fusion d'Usinor (France), Aceralia (Espagne) et Arbed (Luxembourg). Au préalable, Usinor avait repris, en 1998, le groupe belge Cockerill. En 2005, Arcelor avait absorbé le brésilien CST.
- JFE (Japan Fe Engineering) est né, en 2002, de la fusion de NKK et de Kawasaki Steel.
- Depuis octobre 2012, la fusion des groupes japonais Nippon Steel et Sumitomo est effective.

SITUATION FRANÇAISE : en 2015, en milliers de t d'acier.

- Production : 14 984 d'acier brut (19 200 en 2007, 12 800 en 2008). Filière fonte : 9 828, filière électrique : 5 160.
- Consommation apparente, en 2015 : 12 500.
- Commerce extérieur : en 2013, en milliers de t d'acier.

Exportations : 12 703 dont 10 209 au sein de l'Union européenne.

Allemagne	2 638	Etats-Unis	273
Belgique	1 966	Maroc	193
Espagne	1 760	Algérie	152
Italie	1 632	Chine	126

Turquie	957		
---------	-----	--	--

Source : FFA

Importations : 11 276 dont 11 038 au sein de l'Union européenne.

Allemagne	3 090	Suisse	37
Belgique	2 778	Turquie	26
Italie	1 328	Chine	24
Espagne	1 208	Inde	23
Russie	61		

Source : FFA

- Effectifs : 22 000 personnes (150 000 en 1978).

[Localisation des installations françaises de production d'acier](#) (document de la Fédération Française de l'Acier)

- Hauts fourneaux :

- Destinés à élaborer de l'acier :

- 3 hauts-fourneaux à Dunkerque (59), exploités par ArcelorMittal.
- 2 hauts-fourneaux à Fos-sur-Mer (13), exploités par ArcelorMittal.

- Destiné à élaborer de la fonte ductile :

- 1 haut-fourneau à Pont-à-Mousson (54), exploité par [Saint-Gobain PAM](#).

L'introduction d'une faible quantité de magnésium dans la fonte grise permet de cristalliser le carbone sous forme de sphères de graphite au lieu de lamelles. Ce graphite sphéroïdal confère à la fonte une haute limite élastique et une grande résistance aux chocs. Elle est utilisée dans les canalisations, les regards de chaussée pour la voirie...

UTILISATIONS :

Consommations apparentes finales d'acier : en 2015, en millions de t et () en kg/habitant/an.
Monde : 1 500 (208), Union européenne : 153 (303).

Chine	672 (489)	Russie	39 (275)
États-Unis	96 (297)	Allemagne	39 (484)
Inde	79 (61)	Turquie	34 (437)
Japon	63 (497)	Mexique	24 (191)
Corée du Sud	56 (1 114)	Italie	24 (400)

Source : Worldsteel, Steel Statistical Yearbook

La consommation par habitant la plus importante, en 2013, est celle de la Corée du Sud, suivie du Qatar : 862 kg/habitant/an et des Emirats Arabes Unis : 862 kg/habitant/an. Celle de la République Démocratique du Congo est de 1,6 kg/habitant/an.

Secteurs d'utilisation de l'acier :

	Union européenne	Monde en 2013		Union européenne	Monde en 2013
--	------------------	---------------	--	------------------	---------------

	en 2015			en 2015	
Construction de bâtiments	35 %	52,2 %	Autres transports	2 %	4,6 %
Construction de machines et appareils mécaniques	14 %	14,2 %	Équipements électriques	-	2,9 %
Fabrication d'objets métalliques	14 %	12,4 %	Appareils ménagers	3 %	2,0 %
Automobiles	18 %	11,6 %	Tubes	13 %	-

Source : Worldsteel et Eurofer

Le bâtiment et les travaux publics utilisent principalement des produits longs (poutrelles, ronds à béton...), l'automobile, par contre, utilise plutôt des produits plats (tôles...).

Utilisations particulières :

Les tôles sandwich : elles sont constituées par 2 tôles minces (0,3 à 0,7 mm) séparées par un film polymère de 45 micromètres. La résine est appliquée sur l'une des tôles puis l'ensemble est colaminé. Plus légères et résistantes que l'acier d'épaisseur équivalente, elles sont utilisées pour leurs propriétés d'insonorisation : les vibrations sont absorbées par le polymère (choisi pour que la température d'utilisation soit dans son domaine viscoélastique), par frottement des chaînes polymères, qui dissipe cette énergie sous forme de chaleur. Ces tôles, mises au point initialement au Japon, commencent à être utilisées dans les tabliers (pièce séparant le moteur de l'habitacle) des automobiles (gain de poids : 20 %), les tambours de sèche linge... Le dallage du sol de la Très Grande Bibliothèque a été réalisé en sandwich d'acier inoxydable.

- Bâtiment, travaux publics : en France, la consommation dans ce secteur est de 4 millions de t/an dont 40 % de ronds à béton. Les constructions métalliques utilisent 700 000 t/an, dont 40 000 t/an pour les ponts métalliques. La construction du viaduc de Millau a consommé 62 550 t d'aciers. Le pont le plus long au monde (4 km), celui de Akashi-Kaikyo, au Japon, a utilisé 193 000 t d'acier. Dans ce secteur, les consommations annuelles par habitant sont de 268 kg au Japon, 151 kg en Italie, 118 kg en Allemagne, 108 kg aux Etats-Unis, 108 kg en Espagne, 83 kg en France. Les normes antisismiques conduisent à employer plus d'acier dans les constructions, au Japon et en Italie (de 46 à 48 % des utilisation de l'acier dans ces pays). On assiste au développement de la construction de maisons individuelles à ossature en acier.

- Automobiles : elles renferment, en moyenne, 960 kg d'acier contenu à 34 % dans la structure du véhicule, 23 % dans le moteur, 12 % dans les suspensions. De nouvelles nuances d'aciers, à hautes limites élastiques (la limite d'élasticité est passée de 200 à 1000 et jusqu'à 1400 MPa), AHSS (Advanced High Strength Steel ou dual phase), UHSS (Ultra High Strength Steel ou martensitique) sont de plus en plus utilisées.

- Tubes : le producteur français [Vallourec](#) est le n°1 mondial des tubes sans soudure, laminés à chaud ou à froid. Ses capacités de production sont de 3 millions de t/an avec une aciérie électrique à Saint-Saulve (59), une autre aux Etats-Unis et 2 hauts fourneaux au Brésil.

- Rails : 400 km de ligne de TGV à 2 voies nécessitent 100 000 t de rail (60 kg/m). En France, une seule usine de production de rails à partir d'acier importé du Royaume-Uni par [Tata Steel](#) à Hayange (57). En avril 2016, l'usine a été vendue au fond d'investissement Greybull Capital. Les rails produits d'une longueur de 80 m étaient, pour la construction de la ligne TGV Est, soudés par la SNCF pour atteindre 400 m. La première phase de la construction de cette ligne, qui a débuté en

2002, a consommé 86 000 t de rails. Actuellement les rails produits ont une longueur de 108 m et, en 2015, la production a été de 343 000 t.

- Signalisation routière : 200 000 t d'acier/an en Europe de l'Ouest.

- Muselets de bouteilles de champagne : la société Tréfilunion à Commercy (55), en fabrique de l'ordre de 1 000 t/an.

- Boules de pétanque : la société française [Obut](#), à Saint-Bonnet-le-Château (42), en produit 300 t/mois, soit les 2/3 du marché mondial. Les boules sont fabriquées à partir de barres cylindriques cisailées, forgées à plus de 1000°C pour donner des flans qui sont emboutis en coquilles soudées 2 à 2 qui subissent diverses finitions et traitements thermiques.

Les composés chimiques du fer :

Le principal composé utilisé est le chlorure ferrique (FeCl_3) qui est fabriqué, en solution, par attaque chlorhydrique de ferrailles suivie d'une oxydation par le [dichlore](#) ou directement par attaque de ferrailles par FeCl_3 . L'attaque acide directe de minerai de fer est de plus en plus employée.

Le chlorure ferrique est également préparé anhydre par attaque de ferrailles par le chlore vers 500-700°C ou obtenu comme sous-produit de la fabrication du [dioxyde de titane](#) par chloration (voir ce chapitre).

En France, les capacités annuelles de production d'[Arkema](#) sont de 80 000 t à Pierre-Bénite (69) et à Lavera (13). Aux Etats-Unis les capacités sont de 500 000 t/an.

Le chlorure ferrique est principalement employé dans le [traitement des eaux usées](#), comme agent flocculant ainsi que pour l'élimination des ions phosphates, par précipitation du phosphate ferrique, afin de lutter contre l'eutrophisation des rivières.