

CHARBON 2011

ÉTAT NATUREL : la teneur moyenne de l'écorce terrestre en carbone est de 0,2 %. Il est présent :

- A l'état natif sous forme de [graphite](#) et [diamant](#).
- Plus ou moins combiné à l'[hydrogène](#) et l'[oxygène](#) dans les charbons.
- A l'état combiné dans les hydrocarbures ([pétrole](#), [gaz naturel](#)), les carbonates ([calcaire](#), [dolomie](#)), le [dioxyde de carbone](#) (dans l'[eau](#), l'[atmosphère](#)), voir les chapitres consacrés à ces différents produits, ainsi que dans la matière vivante.
- 1 t de houille = 0,619 tep, 1 t de lignite = 0,405 tep.

C'est une roche renfermant suffisamment de carbone pour être utilisable comme combustible.

ÉTAT NATUREL : il s'est formé par fossilisation de végétaux, à l'abri de l'air, à l'ère carbonifère, entre 360 et 290 millions d'années, dans des bassins sédimentaires. Les charbons sont constitués de carbone, de matières volatiles (dihydrogène, hydrocarbures) qui s'enflamment et d'impuretés minérales (schistes...) qui donnent, après combustion, les cendres.

La teneur en carbone des charbons est d'autant plus élevée qu'ils sont plus anciens. On distingue les charbons par leur teneur en carbone, leur pouvoir calorifique (quantité de chaleur en millithermie dégagée par 1 kg de charbon) ou en fonction de leurs propriétés et utilisation, par exemple :

- Gras ou charbons à coke qui sont utilisés pour produire le coke métallurgique.
- Flambants ou charbons vapeur qui sont utilisés pour produire de l'[énergie](#) dans les chaudières industrielles. Ce sont les charbons les plus abondants.

Classification d'après la teneur en carbone et production mondiale, en 2006.

- La tourbe ou lignite brun (858 millions de t) est de formation récente, au quaternaire. Elle renferme de 25 à 35 % de C, 30 % de O₂, 6 % de H₂ et est extraite des marais.
- Le charbon sub-bitumineux ou lignite noir (594 millions de t) s'est formé au tertiaire. Il renferme de 35 à 45 % de C, 25 % de O₂, 5 % de H₂.
- Le charbon bitumineux (4 528 millions de t) s'est formé à l'ère primaire (carbonifère, 250 à 300 millions d'années). Il renferme de 45 à 86 % de C.
- L'antracite (40 millions de t) contient plus de 86 % de C. Il est très recherché, mais les réserves mondiales sont peu abondantes. Il est principalement utilisé pour le chauffage domestique individuel.

Exploitations minières :

A ciel ouvert ou découvertes : le charbon est exploité ainsi lorsque la couche de stérile ne dépasse pas de 200 à 400 m d'épaisseur.

Elles présentent l'avantage, par rapport aux exploitations souterraines, d'une productivité nettement supérieure (les dernières mines mises en exploitation extraient de 10 à 30 millions de t par an), d'une mise en exploitation plus rapide (2 à 5 ans, au lieu de 10 ans), de coûts d'exploitation plus réduits, de taux de récupération plus élevés et de conditions de travail moins dangereuses. L'activité minière est dans ce cas une activité de type travaux publics. Par exemple, pour l'exploitation de la

"Grande Découverte" de Carmaux, 82 millions de t de stériles ont été déplacées pour extraire, en 10 ans, 1,2 million de t de charbon.

La plus grande exploitation, à ciel ouvert, dans le monde, est celle de [Cerrejón](#), dans la péninsule de Guajira, au Nord-Est de la Colombie. Le gisement s'étend sur 69 000 hectares et le complexe minier, comprenant, la mine, la voie ferrée et le port, est propriété à parts égales d'Anglo American, BHP Billiton et Xstrata. La production de 30,2 millions de t, en 2010, est acheminée par voie ferrée, sur 150 km, par des convois pouvant atteindre 130 wagons, jusqu'à Puerto Bolivar sur la mer des Caraïbes. La production totale depuis 1985 a été de 460 millions de t. Le charbon est destiné exclusivement à l'exportation (40,1 % vers l'Europe, 26,7 % l'Amérique du Nord, 20,2 % l'Amérique du Sud et Centrale). Les réserves prouvées, jusqu'à 300 m de profondeur sont de 3 milliards de t.

Dans le monde, les exploitations minières sont de plus en plus à ciel ouvert. [La moyenne mondiale est de 40 %, en 2006, alors qu'elle était de 22 % en 1970.](#) Les exploitations australiennes sont à 80 % à ciel ouvert, celles des Etats-Unis à 67 %.

Souterraines : exemple du bassin de Lorraine exploité par les Houillères du Bassin de Lorraine (groupe Charbonnages de France), [les dernières unités de production ayant fermé en 2004.](#)

Gisement : le gisement lorrain est le prolongement, en France, du gisement exploité depuis le XVI^{ème} siècle en Sarre où il affleure. L'exploitation a débuté, en 1856, à Petite-Rosselle. La structure géologique du gisement est complexe. L'inclinaison des veines de charbon varie de l'horizontale ("plateures" entre 0 et 30° d'inclinaison) à la verticale ("dressants" pour une inclinaison > 65°), en passant par les "semi-dressants". Avant la fin de l'exploitation, 3 unités exploitaient des "plateures" : La Houve à Creutzwald (profondeur : 1 000 m), Reumaux à Freyming-Merlebach (profondeur : 1 250 m) et Forbach. Une unité (Vouters à Freyming-Merlebach) exploitait les "dressants".

Une unité d'exploitation comporte au moins 2 puits reliés entre eux par un ensemble de galeries pour assurer la circulation d'air (aéragé) afin de diluer le grisou (CH₄) et abaisser la température. Du [diazote](#) sous pression est utilisé comme gaz d'inertage, à titre préventif et curatif, pour traiter les zones déjà exploitées dans lesquelles le charbon restant a tendance à s'échauffer par oxydation à l'air.

L'eau est évacuée (exhaure) par une cascade de pompes vers la surface (les débits moyens sont de 20 à 30 m³/min/unité).

Concentration : Après extraction, le charbon brut est dirigé vers des lavoirs. Il est immergé dans un liquide dense composé d'[eau](#) et de particules de magnétite en suspension afin d'augmenter la densité du milieu. Ainsi, le charbon plus léger, flotte à la surface et est récupéré par raclage et les schistes, plus denses, coulent au fond du bac.

Productions : en millions de tonnes, en 2011. Monde : 7 695, Union européenne (Allemagne, Pologne, Grèce, République Tchèque) : 550.

Chine	3 520	Russie	333
États-Unis	993	Indonésie	325
Inde	588	Afrique du Sud	255

Australie	415	Allemagne	189
-----------	-----	-----------	-----

Source : BP Statistical Review of World Energy

En 2008, en Chine, on comptait 25 000 mines avec une production à 77 % de charbon bitumineux, 19 % d'anhracite, 5 % de sub-bitumineux. La production chinoise est située dans le nord du pays, en particulier dans la province du Shanxi (24 % de la production, en 2006) et en Mongolie Intérieure (13 % de la production) alors que les régions consommatrices sont situées à l'est. Le charbon représente actuellement 40 % du fret transporté par les chemins de fer chinois, le charbon extrait en Chine étant transporté à 60 % par rail.

Production de charbon-vapeur, en millions de t, en 2011. Monde : 5 670.

Chine	2 831	Australie	189
États-Unis	849	Russie	178
Inde	509	Kazakhstan	98
Indonésie	373	Colombie	80
Afrique du Sud	250	Pologne	65

Source : World Coal Association

Production de charbon-métallurgique, en millions de t, en 2011. Monde : 967.

Chine	504	Canada	29
Australie	146	Mongolie	20
États-Unis	82	Ukraine	20
Russie	78	Kazakhstan	13
Inde	35	Pologne	11

Source : World Coal Association

Production de lignite, en millions de t, en 2011. Monde : 1 041.

Allemagne	176	Australie	69
Chine	136	Pologne	63
Russie	78	Grèce	59
Turquie	74	République tchèque	43
États-Unis	74	Inde	41

Source : World Coal Association

En 2007, le lignite représentait 15 % de la production mondiale et 75 % de celle de l'Union européenne avec 88 % de la production allemande, 39 % de celle de la Pologne, 23 % de celle de la Russie, 18 % de celle de l'Australie, 7 % de celles d'Inde et des États-Unis.

Commerce international :

Le charbon est consommé, en majeure partie, sur place. Les échanges internationaux, ont porté, en 2011, sur 861 millions de t de charbon-vapeur, 276 millions de t de charbon à coke, de 5 millions de t de lignite. Ils ont été effectués par voie maritime à 90 %.

- Principaux pays importateurs, en 2011, en millions de t : Chine : 190, Japon : 175, Corée du Sud : 129, Inde : 105, Taiwan : 66, Allemagne : 41, Royaume Uni : 33. L'Union européenne a importé 251 millions de t, en 2007.

- Principaux pays exportateurs, en 2011, en millions de t : Indonésie : 309, Australie : 284, Russie : 124, États-Unis : 97, Colombie : 75, Afrique du Sud : 72, Kazakhstan : 34.

Principaux producteurs de charbon : en millions de t, en 2011.

Shenhua Energy (Chine)	282	China Coal Energy (Chine)	103
Peabody Energy (Etats-Unis)	251	Xstrata (Suisse)	85
Arch Coal (Etats-Unis)	152	Anglo American (Afrique du Sud)	31
BHP Billiton (Australie)	104	Rio Tinto (Australie)	68

Sources : rapports annuels des sociétés

- En 2011, les ventes totales de Shenhua Energy ont porté sur 387 millions de t avec des réserves de 9,3 milliards de t.

- Peabody Energy exploite 30 mines, principalement aux Etats-Unis (Wyoming, Colorado, Arizona, Nouveau Mexique, Illinois et Indiana), mais aussi en Australie (9 mines dans le Queensland et en Nouvelle Galles du Sud avec 25,3 millions de t, en 2011). Ses réserves prouvées sont de 9 milliards de t. La mine de charbon la plus importante de la société, à ciel ouvert, est celle de North Antelope Rochelle (Wyoming) avec 109 millions de t, en 2011, et un total de plus de 1 milliard de t depuis l'ouverture de la mine. Elle exploite également la plus importante mine souterraine d'Amérique du Nord, celle de Twentymile (Colorado) avec 7,5 millions de t. Les ventes totales de charbon de Peabody Energy ont été de 251 millions de t, en 2011.

- Arch Coal exploite 46 mines aux Etats-Unis, la plus importante, Black Thunder, dans le Wyoming, a produit, en 2011, 105 millions de t. Les ventes totales ont été de 157 millions de t avec des réserves de 2,2 milliard de t.

- BHP Billiton a produit, en 2011, 71 millions de t de charbon-vapeur et 33 millions de t de charbon métallurgique. Les exploitations minières sont situées en Australie, dans la province de Queensland, aux Etats-Unis, dans l'Etat du Nouveau-Mexique, en Afrique du Sud et en Colombie avec 33,33 % de la mine de Cerrejon.

- Xstrata exploite 30 mines, en Australie avec une production, en 2011, de 57,4 millions de t, en Afrique du Sud avec une production de 17,1 millions de t et en Colombie (33 % de la mine colombienne de Cerrejón) avec 10,8 millions de t. Les réserves sont de 2,4 milliard de t en Australie, 684 millions de t en Afrique du Sud et 720 millions de t en Colombie.

- Anglo American exploite 9 mines en Afrique du Sud avec une production, en 2011, de 57,0 millions de t, 33 % de la mine colombienne de Cerrejón, avec une production de 10,8 millions de t. Les réserves prouvées sont de 1,5 milliard de t.

- Le groupe français [Total](#) produit du charbon en Afrique du Sud, près de la ville de Bethal, dans le Mpumalango, dans 4 mines (les 2 mines de Forzando, celle de Tumelo et possède 75 % de la mine de Dorstfontein), une 5^{ème} mine (Dorstfontein) étant en construction. La production est de 3,6 millions de t, en 2009, avec une commercialisation de 7,3 millions de t.

Réserves mondiales : en milliards de tonnes, fin 2011 pour l'anhracite et les bitumineux et () pour les sub-bitumineux et lignite. Monde : 405 (456), Union européenne (Pologne, Allemagne, Grèce) : 5 (51).

États-Unis	109 (129)	Inde	56 (5)
Russie	49 (108)	Ukraine	15 (19)
Chine	62 (52)	Kazakhstan	22 (12)
Australie	37 (39)	Afrique du Sud	30 (-)

Source : BP Statistical Review of World Energy

Le plus important gisement mondial est situé à Shenmu (Chine, province du Shanxi).

Situation française : en 2010.

- Production : l'Etat français s'est progressivement désengagé de l'exploitation charbonnière. La signature du Pacte charbonnier en 1994 a entraîné la fermeture des derniers sites français de production. Ainsi la mine d'Ales dans le Gard a fermé en 2001, suivie par les mines de Forbach et Merlebach (en Moselle), la mine de La Mure (en Isère), la mine de Gardanne (Provence) fermée le 1^{er} février 2003 et enfin le 23 avril 2004 la dernière mine, celle de la Houve à Creutzwald (Lorraine), cesse son activité. Suite à l'arrêt des exploitations, la société des Charbonnages de France a été liquidée le 31 décembre 2007.

- Le maximum de production avait été atteint en 1958 avec 58,9 millions de t avec un maximum de personnel, en 1947, de 358 241 personnes.

- Une production résiduelle provient du traitement des terrils du Nord-Pas de Calais et des schlamms de Lorraine utilisées dans les centrales thermiques d'E.ON.

- Importations :

- Anthracite : 1 304 643 t à 50 % de Russie, 22 % d'Australie, 13 % du Canada.
- Houille métallurgique : 4 049 644 t à 58 % d'Australie, 36 % des Etats-Unis.
- Charbon-vapeur : 10 067 623 t à 30 % de Colombie, 22 % des Etats-Unis, 20 % d'Afrique du Sud, 15 % de Russie.
- Lignite : 82 504 t à 99,6 % d'Allemagne.
- Tourbe : 671 869 t à 25 % d'Allemagne, 25 % de Belgique, 16 % des Pays Bas, 13 % d'Estonie, 10 % d'Irlande.

UTILISATIONS :

Consommations : en 2011, en millions de tep (avec approximativement 1 tep = 1,5 t d'anthracite = 3 t de lignite). Monde : 3 724, Union européenne : 286.

Chine	1 839	Russie	91
Etats-Unis	502	Corée du Sud	79
Inde	296	Allemagne	78
Japon	118	Pologne	60
Afrique du Sud	93	Australie	50

Source : BP Statistical Review of World Energy

Secteurs d'utilisation :

	Etats-Unis, en 2011	Union européenne, en 2007	France, en 2011
Electricité	93 %	81 %	43 %
Autres	5 %	14 %	15 %

industries			
Sidérurgie	2 %	3 %	39 %
Résidentiel	1 %	3 %	3 %

Source : statistiques de l'AIE.

Énergie : dans le monde, en 2009, le charbon fournissait 27 % de l'énergie primaire, 3,7 %, en 2011, en France. Son utilisation dans les centrales thermiques produisant de l'électricité est très importante. Part du charbon dans la production d'électricité de quelques pays : en 2010. Monde (2009) : 40,6 %, Union européenne (à 27, en 2006) : 30,4 %.

Afrique du Sud	93 %	République tchèque	56 %
Pologne	88 %	Maroc	50 %
Chine	78 %	Etats-Unis	45 %
Australie	77 %	Allemagne	42 %
Kazakhstan	75 %	Russie	16 %
Inde	68 %	France	5 %

Source : statistiques de l'AIE.

Centrales thermiques au charbon : l'utilisation de la technologie du lit fluidisé circulant permet de brûler, avec un haut rendement, des combustibles pauvres (lignite, schlamm...) et grâce à l'ajout de CaCO₃ dans le foyer de la chaudière d'atteindre un taux de désulfuration de 90 %. Dans un lit fluidisé circulant, le combustible brûle en suspension dans un courant d'air et circule jusqu'à combustion complète. Celle-ci a lieu à 900°C au lieu de 1300°C dans une chaudière classique ce qui réduit la formation d'oxydes d'azote. Le charbon est injecté dans la chaudière sous forme d'une pulpe eau-charbon à 60-70 % de charbon. La société E.ON exploite, en France, 4 sites avec la centrale d'Emile Huchet à Saint-Avold (80) d'une puissance de 1 873 MW qui a produit, en 2011, 4 655 GWh, la centrale d'Hornaing (59) d'une puissance de 235 MW qui a produit 193 GWh, la centrale de Lucy à Montceau les Mines (71) d'une puissance de 245 MW qui a produit 105 GWh et la centrale de Provence à Meyreuil (13) d'une puissance de 825 MW qui a produit 561 GWh. Au Total, en 2011, les centrales thermiques au charbon ont produit 13 TWh soit 2,5 % de l'électricité produite en France.

Sidérurgie : en 2011, la consommation mondiale de la sidérurgie a été de 717 millions de t.

Chauffage : par exemple, la production de chaleur en Ile de France est assurée par des installations thermiques gérées par la CPCU, Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain, qui utilise différentes sources d'énergie pour produire la chaleur. 49 % de la vapeur livrée est produite à partir des ordures ménagères, 27 % à partir du gaz naturel, 17 % à partir du charbon et 7 % à partir de fioul lourd.

Fabrication du coke : en France, une partie du charbon est cokéfié soit dans la cokerie de Carling (3 batteries, 206 fours au total) soit dans celles d'ArcelorMittal. Au total, en 2010, la production française de coke a été de 3,11 millions de t. En 2008, celle de Carling a produit plus de 800 000 tonnes de coke livrées à son actionnaire Rogesa, filiale commune aux sidérurgistes sarrois 50 % Dillinger Hütte et 50 % Saarstahl, qui les emploient dans leurs hauts fourneaux.

PERSPECTIVES :

- Les réserves sont abondantes et bien réparties à travers le monde, sauf en Europe où le charbon est exploité industriellement depuis plus d'un siècle et demi et où les gisements, pour des raisons géologiques, sont plus difficiles à exploiter que ceux des autres continents.

- La compétitivité du coût du charbon est liée à celui du pétrole.

- La pollution engendrée par la combustion du charbon est plus importante que pour les autres sources d'énergie car, outre la formation de dioxyde de carbone, les charbons libèrent souvent du [SO₂](#). Les charbons pauvres en soufre sont privilégiés pour l'utilisation en centrales thermiques. La combustion du charbon participe fortement à l'émission de CO₂, gaz à effet de serre. En 2002, sur un total de 24,4 Gt de CO₂, 9,1 Gt sont dues au charbon. L'augmentation du rendement des chaudières est favorable à une moindre émission de CO₂. Le rendement actuel atteint un maximum de 46 % pour la houille et 43 % pour le lignite. En pratique, le rendement moyen des chaudières dans les pays développés est de 36 %.

- De nouvelles techniques de combustion du charbon se développent : en lit fluidisé, sous forme de mélange charbon-eau.

- **La carbochimie :**

- La gazéification du charbon (pour produire [H₂](#)) qui est utilisée, par exemple, en Afrique du Sud, n'est pas actuellement, en général, rentable. De même pour la production de [carburant](#) liquide à partir de charbon, réalisée à l'échelle industrielle, depuis 1955, en Afrique du Sud.

Dans ce pays, en raison des sanctions économiques de l'époque de l'apartheid, le charbon a été utilisé massivement comme matière première chimique par la société [Sasol](#) pour produire du gaz de synthèse (H₂, [NH₃](#), voir le chapitre [hydrogène](#)), de l'essence synthétique selon le procédé Fischer-Tropsch et divers dérivés pétrochimiques. La société Sasol a extrait, en 2008, 42,8 millions de t de charbon qui sont, dans l'usine de production de Secunda, dans la province de Mpumalanga, transformés en gaz de synthèse puis, dans 9 réacteurs travaillant sous pression à 350°C, en présence d'un catalyseur à base de fer, en carburants et divers produits tels que le pentène, l'hexène, l'octène, des alcools, de l'acide acétique, de l'acétone, du propylène, de l'éthylène ... La production est ainsi, en 2008, de 7,4 millions de t de carburant représentant 35 % de la consommation sud-africaine.

- Même le [gaz de cokerie](#) (60 % de H₂, 25 % de CH₄) est souvent brûlé, avec récupération de l'[énergie](#), et peu utilisé comme matière première. Par contre, les autres sous-produits de la cokéfaction (benzols, goudrons, sulfate d'ammonium..., voir la partie consacrée au [coke](#)) sont récupérés. Les BTX ([benzène](#), [toluène](#), [xylènes](#), voir ce chapitre) proviennent de la cokéfaction pour 5 % de la production en Europe de l'Ouest (2 % aux Etats-Unis). Le naphthalène provient à 60-70 % du charbon aux Etats-Unis (100 % au Japon).