
LE CHARBON

Sommaire

1. La production
2. Le charbon domine la production d'électricité dans le monde
3. Les divers usages du charbon
4. Fabrication de combustibles liquides à partir du charbon
5. Réglementation
6. Les réserves de charbon et lignite
7. Bibliographie

Le charbon est utilisé pour la production d'électricité (charbon vapeur ou *steam coal*) et la production de coke (charbon à coke pour la production d'acier ou *coking coal*). Le lignite est aussi utilisé pour la production d'électricité, mais avec un rendement plus faible.

Dans la suite du document le terme « charbon » couvre l'ensemble des combustibles fossiles solides (charbon + lignite + tourbe).

1. La production de charbon

L'évolution, de 1971 à 2017, de la production de charbon des divers pays fournisseurs, est représentée sur la figure 1 (2)

Avec la Chine en tête, plus grand producteur de charbon dans le monde, les principaux pays producteurs de charbon et de lignite (cf. Tableau 1) sont par ordre décroissant : la Chine (45,4%), l'Inde (9,9%) et les Etats-Unis (8,8%).

Les principaux pays importateurs (en 2018) sont également mentionnés dans le tableau 1 (2), qui montre que l'Indonésie est le 1^{er} exportateur et la Chine le 1^{er} importateur mondial de charbon.

Cependant, le charbon voyage peu (et le lignite pas du tout) et le commerce international reste limité pour le moment à environ 17 % de la production mondiale. A signaler que les Etats Unis, convertissant de nombreuses centrales à charbon en centrales au gaz, augmentent leurs exportations vers l'Europe, en particulier vers l'Allemagne, de plus en plus consommatrice de charbon en raison de son choix d'avoir abandonné l'énergie nucléaire (elle a importé 23% de sa consommation en 2016). En Allemagne, le poids du charbon reste important pour la production d'électricité.

En 2018, la production mondiale de charbon (7 813 Mt) a représenté 27,1 % de la consommation mondiale d'énergie primaire (13 972 MTep) (2).

L'évolution de la production selon les régions est montrée sur la figure 2. Ces courbes montrent, notamment, que malgré l'augmentation mondiale de la population, la production mondiale d'énergie semble se stabiliser en même temps qu'une baisse sensible de la production de charbon se dessine.

World' TPES from 1971 to 2017 by source (Mtoe)

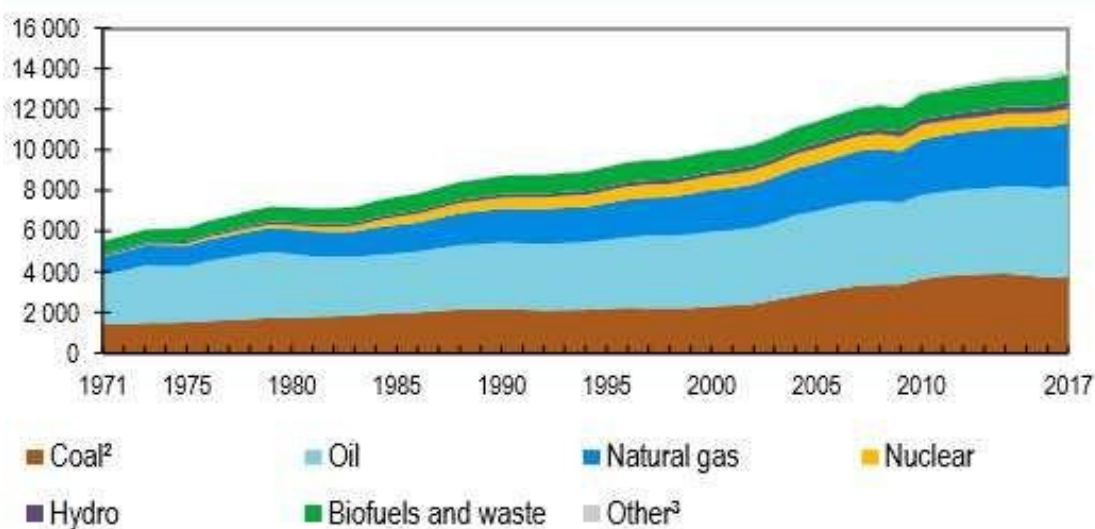


Figure 1 - Evolution de la production mondiale (Mtep) des diverses sources d'énergie primaires Key World Energy Statistics 2019 (2)

Producers	Mt	% of world total
People's Rep. of China	3 550	45.4
India	771	9.9
United States	685	8.8
Indonesia	549	7.0
Australia	483	6.2
Russian Federation	420	5.4
South Africa	259	3.3
Germany	169	2.2
Poland	122	1.6
Kazakhstan	114	1.5
Rest of the world	691	8.7
World	7 813	100.0

2018 provisional data

Net exporters	Mt
Indonesia	433
Australia	382
Russian Federation	182
United States	99
Colombia	82
South Africa	69
Mongolia	34
Kazakhstan	25
Canada	23
Mozambique	12
Others	4
Total	1 345

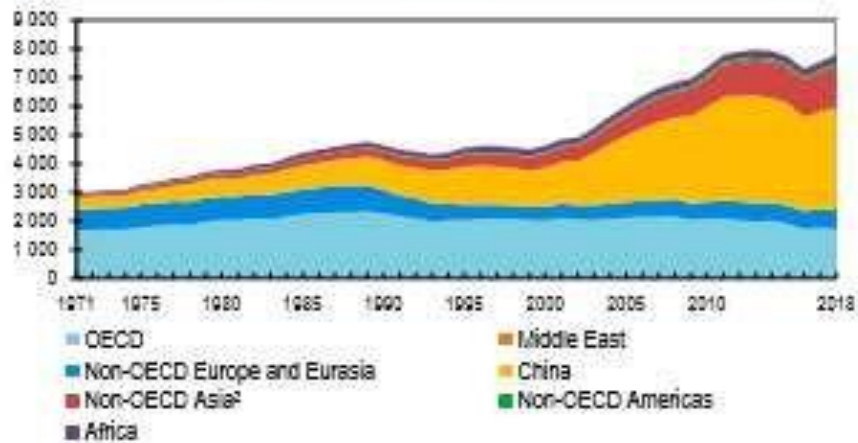
2018 provisional data

Net importers	Mt
People's Rep. of China	289
India	239
Japan	185
Korea	142
Chinese Taipei	67
Germany	44
Turkey	38
Malaysia	32
Thailand	25
Ukraine	21
Others	267
Total	1 349

2018 provisional data

Tableau 1 – Les pays producteurs, exportateurs et importateurs de charbon en 2018 (2)

World coal¹ production from 1971 to 2018 by region (Mt)



1973 and 2018 regional shares of coal¹ production

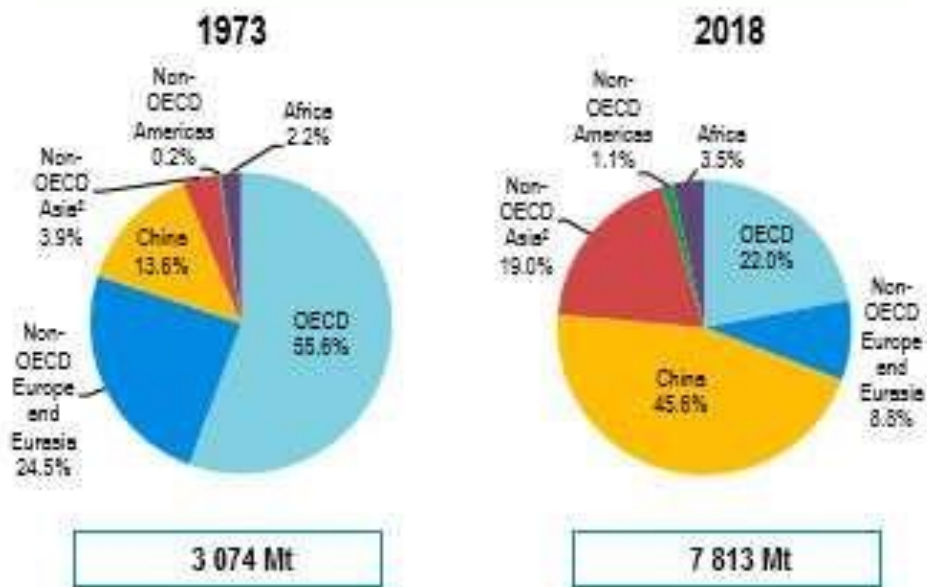


Figure 2 – Evolution de la production de charbon selon les régions (Mt)
(Key World Energy Statistics 2019) (2)

Les cours du charbon

Les cours du prix du charbon (voir Tableau 2) sont restés relativement stables jusque vers l'année 2003, autour de 50\$/t, puis ont connu une forte augmentation jusqu'en 2011 pour ensuite baisser significativement les années suivantes pour enfin remonter à partir de 2016.

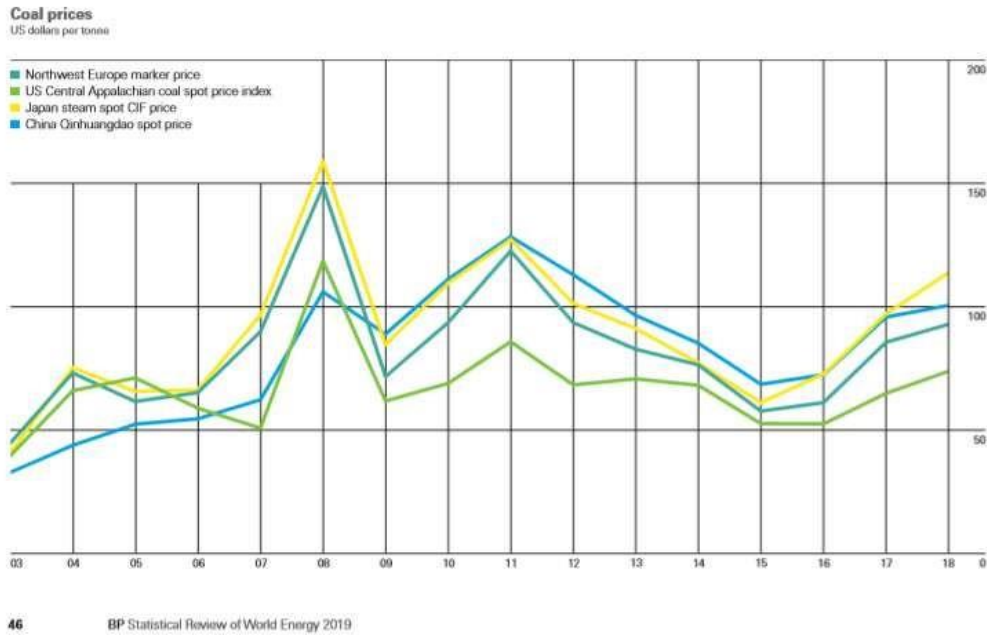


Tableau 2 – Evolution du coût du *charbon* de 2001 à 2018 en US\$/t (1)

Les prévisions de consommation de charbon jusqu'en 2040 sont représentées sur la figure 3.

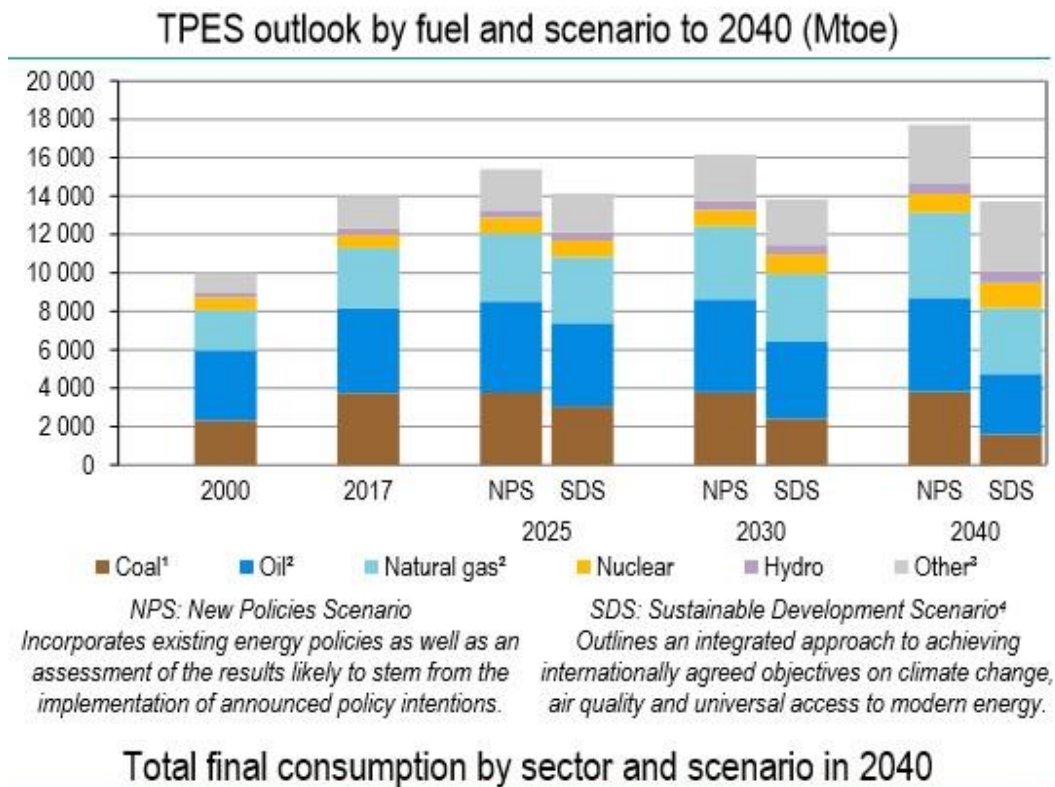


Figure 3 - Prévisions de consommations de charbon, selon les modèles, d'ici 2040 (2)
2. Le charbon domine la production d'électricité dans le monde

En ce qui concerne la production d'électricité mondiale, celle-ci provenait, en 2017, à 38,5 % des combustibles solides qui se placent largement en tête devant le gaz naturel et l'hydraulique (cf. Fig. 4). Des grands pays

comme la Chine, l'Inde ou l'Australie dépendent fortement des combustibles solides pour leur production d'électricité (à hauteur de 70 à 80 %).

En Europe, on peut citer le cas de l'Allemagne qui, obligée de compenser la production aléatoire de l'électricité renouvelable, exploite de plus en plus son lignite et importe du charbon tout en abandonnant ses centrales à gaz pour des raisons économiques.

Electricity generation by source

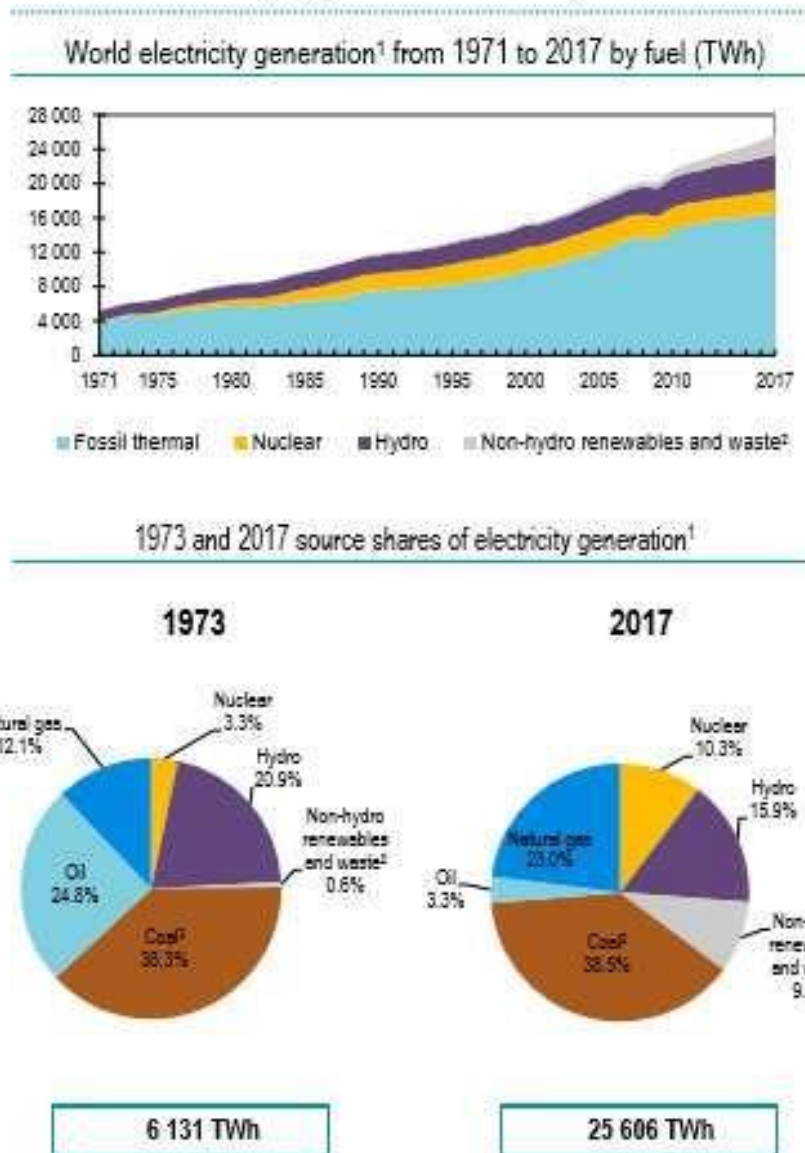


Fig. 4 – Le charbon dans la production d'électricité par source primaire (2)

L'utilisation massive du charbon dans les centrales électrogènes par combustion directe est dommageable pour l'environnement (émissions de poussières, de CO₂, de dioxyde de soufre (SO₂), d'oxydes d'azote (NOX), de métaux lourds, ... etc.).

Des technologies propres existent depuis des décennies basées sur une gazéification préalable du charbon. Malheureusement, ces technologies représentent des surcoûts. Il y a 20 ans, on estimait que seulement 15% du charbon était ainsi valorisé dans le monde dans environ 400 complexes industriels, selon un recensement

effectué par le US DOE. Tous ces complexes produisent du gaz de synthèse avec des cycles combinés pour la production d'électricité. Un seul (*Swcharze Pumpe*), produisait du méthanol et aucun de l'hydrogène¹. Depuis, l'explosion en Chine et en Inde du nombre de centrales thermiques à combustion directe a considérablement réduit le pourcentage de centrales thermiques « propres » et le droit à polluer est défendu politiquement, basé sur l'argument que les pays dits développés ont pu se développer grâce aux contextes où les contraintes environnementales étaient inexistantes.

Aussi, à court terme un développement des centrales thermiques polluantes à charbon à combustion directe reste inéluctable en Asie, particulièrement en Chine et en Inde. Dans ces conditions, les recherches entreprises pour augmenter le rendement des centrales et ainsi réduire la masse des polluants émis apparaissent quelque peu dérisoires mais pourront être mises à profit plus tard ou profiter à d'autres combustibles solides comme la biomasse.

Aussi, à plus long terme et quel que soit le pays, un développement sans précaution des centrales thermiques à charbon du type actuel n'est plus envisageable. Devant cette nécessité, des recherches sont entreprises pour augmenter le rendement des centrales et ainsi réduire la masse des polluants émis. Ainsi, des nouvelles techniques de combustion plus propres du charbon ont été mises au point :

- Le rendement des **chaudières classiques à charbon pulvérisé**, de loin les plus répandues dans le monde, est constamment amélioré par augmentation de température de la vapeur jusqu'à des cycles supercritiques. Le traitement des fumées a, lui aussi, fait des progrès.
- La combustion par **lits fluidisés** a été développée industriellement ; elle permet une combustion à basse température du charbon en présence de calcaire afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote et de soufre.
- L'utilisation des **centrales thermiques associant, avec un très bon rendement, une turbine à gaz et une turbine à vapeur**, est en cours de mise en œuvre industrielle. Elles sont alimentées par un gaz soigneusement épuré provenant d'une gazéification du charbon pour disposer d'une centrale propre et efficace. Ce procédé favorise le captage puis la séquestration du CO₂.
- Des recherches sont également engagées dans des domaines plus nouveaux comme l'utilisation de cycles vapeur ultra supercritiques (visant des températures vapeur de 650 - 700°C).

La nécessité de réduire fortement les émissions de CO₂ à moyen/long terme pourrait conduire, en plus du recours au nucléaire et aux ENR, à capter et stocker le CO₂ émis par les grandes installations de combustion dans des formations géologiques souterraines (principalement dans les anciens gisements d'hydrocarbures ou les aquifères profonds).

Dans cet objectif de réduction du CO₂, de nouveaux types de centrales énergétiques à charbon pourraient voir le jour. Le combustible réagirait, sous pression, avec de l'eau pour former du CO₂ (qui serait capté et stocké) et de l'hydrogène (qui serait utilisé pour produire de l'électricité ou être distribué dans le réseau actuel de gaz).

3. Les divers usages du charbon

¹ Source : La production de gaz manufacturés. J. Saint-Just. Gaz d'aujourd'hui, 10, 50-54, 2000, <https://www.globalsyngas.org/about-gtc/about-gtc/>.

Total final consumption by sector: coal¹

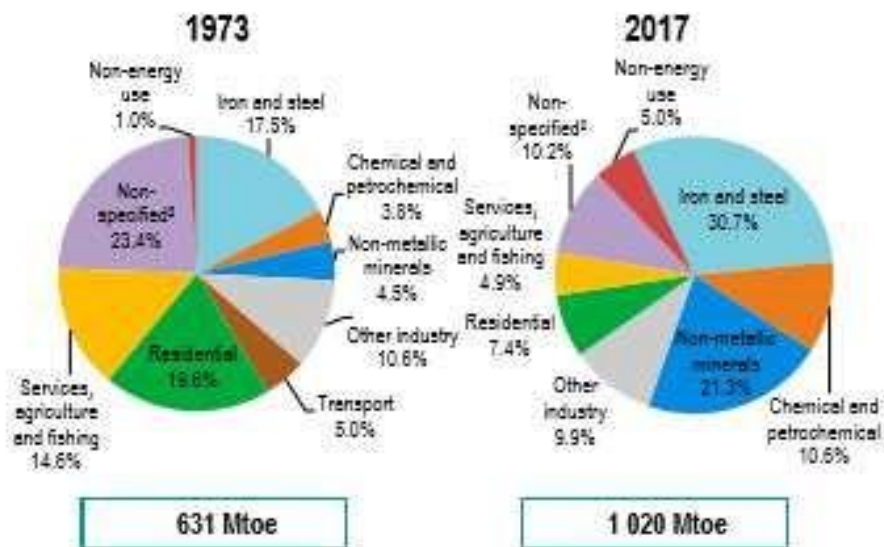
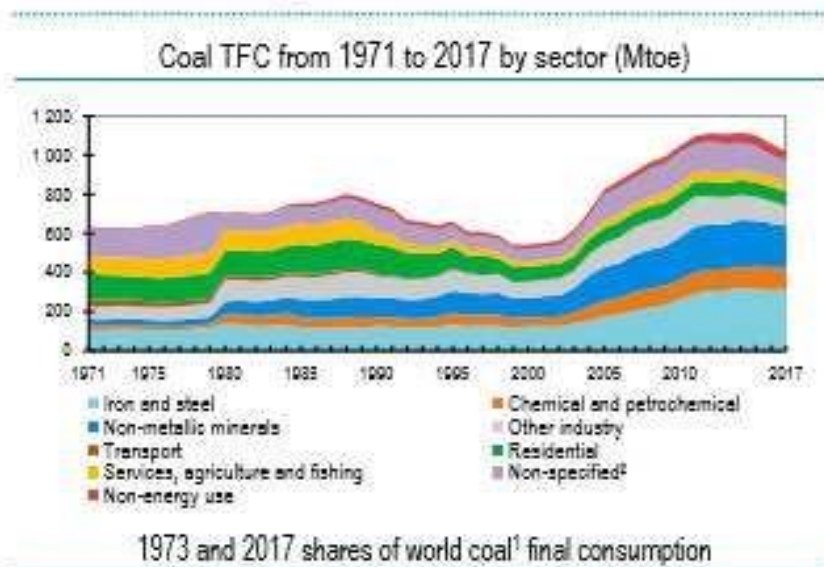


Figure 5 – Les divers usages du charbon en 2017 (2)

4. Fabrication de combustibles liquides à partir du charbon

Avant l'arrivée possible de l'hydrogène-énergie, la "liquéfaction" du charbon (CTL - *Coal to Liquids*) pourrait être envisagée massivement si les prix du pétrole restent élevés et du fait des importantes réserves de charbon aux USA. Ce procédé présente toutefois des inconvénients : le coût élevé de l'usine, le besoin de grandes quantités d'eau et les fortes émissions de CO₂ (qui pourraient éventuellement être récupérées et stockées).

Il existe deux procédés de transformation du charbon :

- La gazéification qui produit du « Syngas » (H₂ + CO) après élimination des impuretés, ensuite liquéfié, à partir duquel on peut fabriquer du méthanol ou des alcanes par réaction FischerTropsch. Des réalisations existent en Afrique du Sud à hauteur de 170.000 barils/jour, et aux USA avec la « *Dakota gasification plant* ».
- La liquéfaction directe, par hydrogénation ou carbonisation, retenu dans le projet **Shenhua**, en Chine (50 000 barils/jour)

Plusieurs projets sont à l'étude en Alaska, en Chine, en Inde et en Australie (qui souhaite exporter de l'hydrogène vers le Japon), du fait de la richesse des gisements de charbon qui s'y trouvent.

S'agissant des coûts, un rapport IEA (*Energy technology 2006*) estime qu'avec un prix du charbon de 20\$/t, les combustibles synthétiques - ou synfuels - reviendraient entre 8 et 10\$/GJ, ce qui équivaut à un pétrole brut entre 35-40\$/baril. Ces *synfuels* seraient produits par une usine de CTL de 80 000 bbl/j coûtant 5 G\$, localisée à proximité d'un gisement de charbon de 2 à 4 Gt. Par rapport à ces chiffres, en 2016, le prix du charbon a été multiplié par 3; la rentabilité de ce combustible reste donc à démontrer, surtout s'il devient un concurrent du gaz naturel actuellement en abondance sur le marché.

5. Réglementation

Plusieurs directives européennes devraient renforcer très sensiblement le cadre réglementaire européen actuel :

- la directive relative à la qualité de l'air; la directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPCC) (*Integrated Pollution Prevention and Control*) ;
- la directive relative à la limitation de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des GIC (Grandes Installations de Combustion);
- la directive NEC (*National Emission Ceilings*) sur les plafonds d'émissions par pays ; • la limitation des émissions de CO₂ et la mise en place de permis d'émissions négociables.

L'application de ces directives pourrait limiter fortement le développement du charbon en Europe.

6. Les réserves de charbon et de lignite

Les réserves mondiales de charbon, exploitables économiquement, sont importantes car elles représentent près de 1 050 milliards de tonnes de combustibles solides (600 GTEP, dont 80 % de charbon et 20 % de lignite) soit environ 153 années au rythme de production actuel.

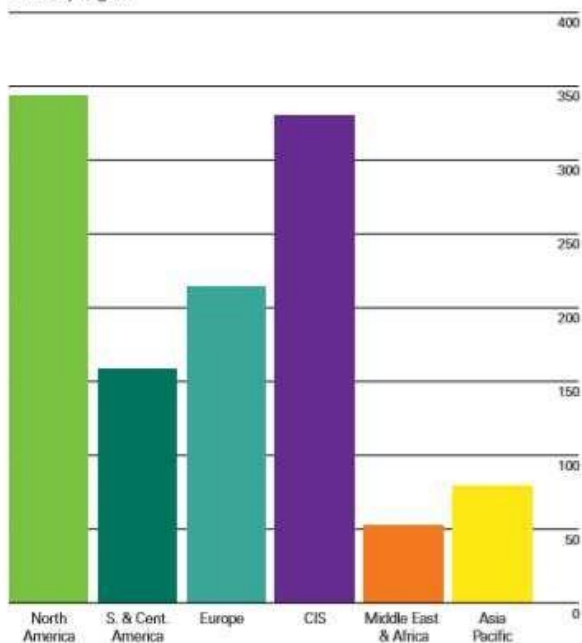
Les ressources ultimes seraient, quant à elles, 5 à 6 fois plus importantes (3 500 GTEP) et, en fonction de l'évolution des techniques d'extraction (y compris éventuellement par une gazéification souterraine permettant de disposer en surface d'un gaz combustible), celles-ci pourraient en partie être exploitées à plus ou moins long terme.

La répartition des réserves de charbon et de lignite dans le monde est donnée sur la figure 6 (CIS : essentiellement la Russie)

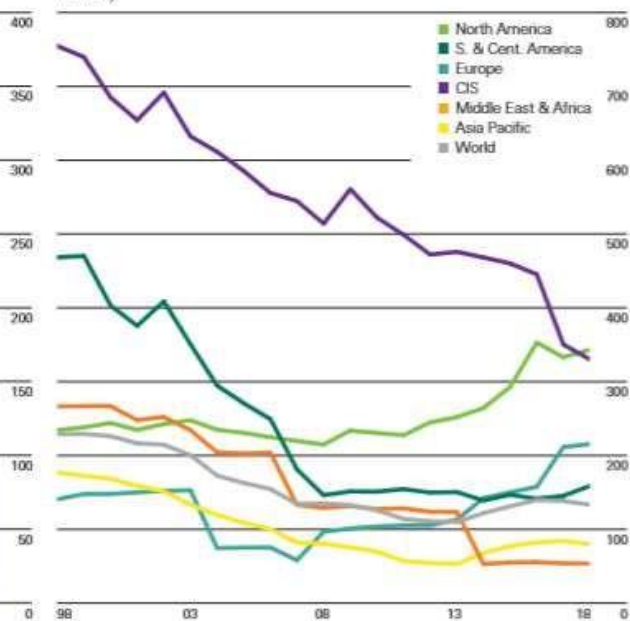
Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2018 by region



History



World coal reserves in 2018 stood at 1055 billion tonnes and are heavily concentrated in just a few countries: US (24%), Russia (15%), Australia (14%) and China (13%). Most of the reserves are anthracite and bituminous (70%). The current global R/P ratio shows that coal reserves in 2018 accounted for 132 years of current production with North America (342 years) and CIS (329 years) the regions with the highest ratio.

Figure 6 – Répartition des réserves de charbon et leurs évolutions dans le monde en 2018 (en années) (1)

7. Bibliographie

(1) – BP Statistical Review of World Energy - 2019

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

(2) - IEA - Key World Energy Statistics 2019

https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdfactualites/Key_World_Energy_Statistics_2019.pdf