



## LE CHARBON

### Sommaire

1. La production
2. Le charbon domine la production d'électricité dans le monde
3. Les utilisations futures du charbon pour la production d'électricité
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 la production de charbon des divers pays fournisseurs, de 1971 à 2012, est représentée sur la figure 1 (2)

En dehors de la Chine, 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 (45,3%), les Etats-Unis (11,9%) et l'Inde (7,6%).

Les principaux pays importateurs (en 2012) sont également mentionnés dans le tableau 1 (2), qui montre que la Chine est à la fois le 1<sup>er</sup> producteur et le 1<sup>er</sup> 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 13 % de la production mondiale. Les grands pays charbonniers sont assez autarciques, sauf l'Australie qui exporte 60 % de sa production, loin devant l'Afrique du Sud qui vient en seconde position. A signaler aussi 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'abandonner l'énergie nucléaire.

En 2012, la production mondiale de charbon (7 831 Mt, environ 5 000 Mtep) a représenté 28,8 % de la consommation mondiale d'énergie primaire (2), en légère augmentation par rapport à l'année précédente. L'évolution de cette production de charbon, en comparaison avec les autres énergies primaires, est représentée sur la figure 1. L'évolution selon les régions est montrée sur la figure 2. Ces courbes montrent, notamment, que la production globale croît inexorablement, entraînée par la croissance de la population et celle de l'économie ainsi que le coût comparé avec celui des autres énergies.

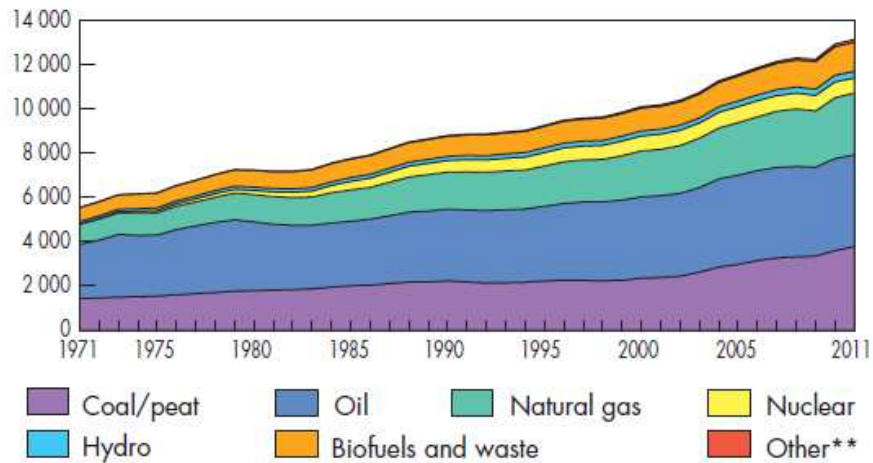


Figure 1 - Evolution de la production mondiale (Mtep) des diverses sources d'énergie primaires  
(Key World Energy Statistics 2013)

Producers	Mt	% of world total
People's Rep. of China	3 549	45.3
United States	935	11.9
India	595	7.6
Indonesia	443	5.7
Australia	421	5.4
Russian Federation	354	4.5
South Africa	259	3.3
Germany	197	2.5
Poland	144	1.8
Kazakhstan	126	1.6
Rest of the world	808	10.4
<b>World</b>	<b>7 831</b>	<b>100.0</b>

2012 data

Net exporters	Mt
Indonesia	383
Australia	302
United States	106
Russian Federation	103
Colombia	82
South Africa	72
Kazakhstan	32
Canada	25
Mongolia	22
Vietnam	18
Others	23
<b>Total</b>	<b>1 168</b>

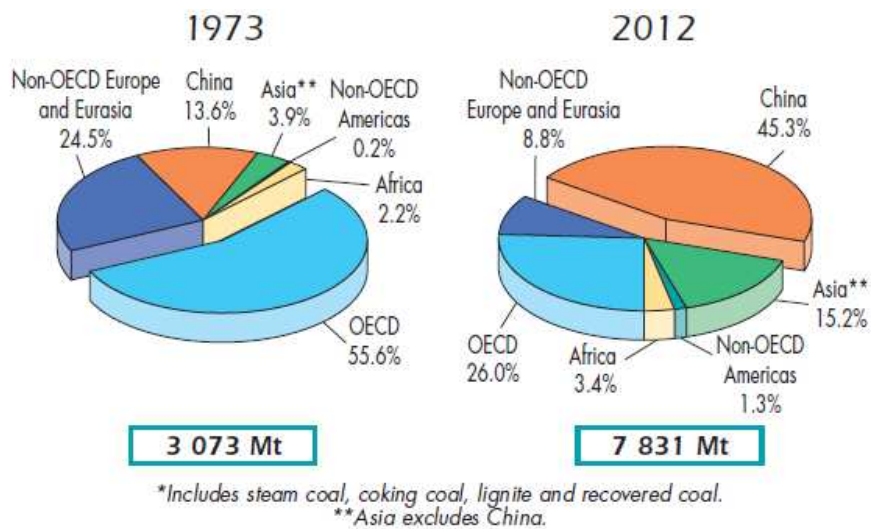
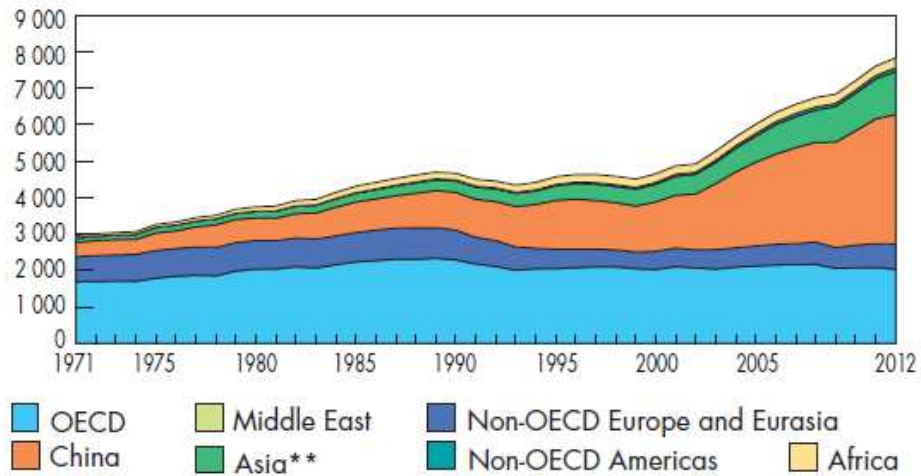
2012 data

Net importers	Mt
People's Rep. of China	278
Japan	184
India	158
Korea	126
Chinese Taipei	65
Germany	45
United Kingdom	44
Turkey	29
Italy	24
Malaysia	22
Others	213
<b>Total</b>	<b>1 188</b>

2012 data

\*Includes steam coal, coking coal, lignite and recovered coal.

Tableau 1 – Les pays importateurs et exportateurs de charbon en 2012 (2)



**Figure 2 – Evolution de la production de charbon selon les régions (Mt)**  
(Key World Energy Statistics 2013)

### Les cours du charbon

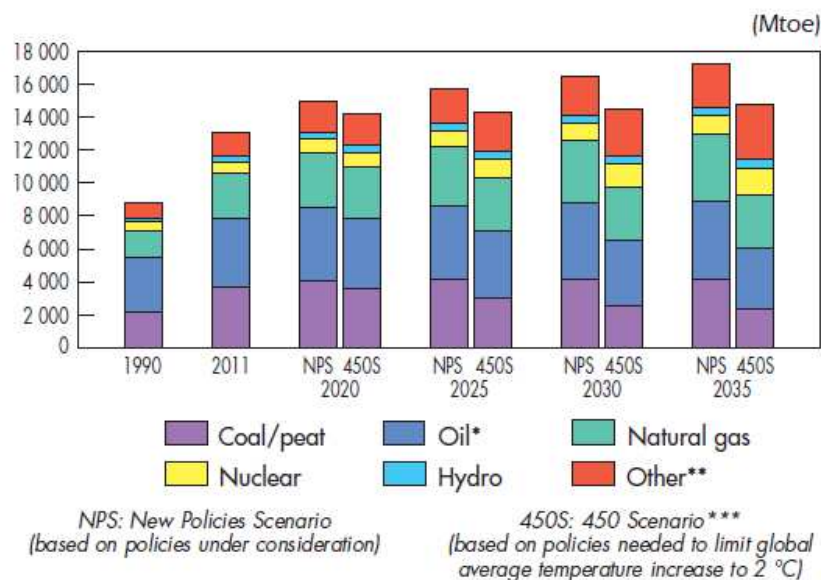
Les cours du prix du charbon (voir Tableau 2) sont restés relativement stables jusque vers l'année 2003, autour de 50\$/t, puis ont connu une forte augmentation jusqu'en 2011 pour ensuite baisser significativement les deux années suivantes.

US dollars per tonne	Northwest Europe marker price†	US Central Appalachian coal spot price index†	Japan coking coal import cif price	Japan steam coal import cif price	Asian marker price†
1993	33.68	29.95	55.26	45.71	-
1994	37.18	31.72	51.77	43.66	-
1995	44.50	27.01	54.47	47.58	-
1996	41.25	29.86	56.68	49.54	-
1997	38.92	29.76	55.51	45.53	-
1998	32.00	31.00	50.76	40.51	29.48
1999	28.79	31.29	42.83	35.74	27.82
2000	35.99	29.90	39.69	34.58	31.76
2001	39.03	50.15	41.33	37.96	36.89
2002	31.65	33.20	42.01	36.90	30.41
2003	43.60	38.52	41.57	34.74	36.53
2004	72.08	64.90	60.96	51.34	72.42
2005	60.54	70.12	89.33	62.91	61.84
2006	64.11	62.96	93.46	63.04	56.47
2007	88.79	51.16	88.24	69.86	84.57
2008	147.67	118.79	179.03	122.81	148.06
2009	70.66	68.08	167.82	110.11	78.81
2010	92.50	71.63	158.95	105.19	105.43
2011	121.52	87.38	229.12	136.21	125.74
2012	92.50	72.06	191.46	133.61	105.50
2013	81.69	71.39	140.45	111.16	90.90

†Source: IHS McCloskey Northwest Europe prices for 1993-2000 are the average of the monthly marker, 2001-2013 the average of weekly prices. The Asian prices are the average of the monthly marker.  
 ‡Source: Platts. Prices are for Central Appalachian 12,500 BTU, 1.2 SO<sub>2</sub> coal, fob. Prices for 1990-2000 are by coal price publication date, 2001-2013 by coal price assessment date.  
 Note: cif = cost+insurance+freight (average prices); fob = free on board.

**Tableau 2 – Evolution du coût du charbon de 1993 à 2013 en US\$/t (1)**

Les prévisions de consommation de charbon jusqu'en 2035 sont représentées sur la figure 3 (2)



**Figure 3 - Prévisions de consommations de charbon, selon les modèles, d'ici 2035 (2)**

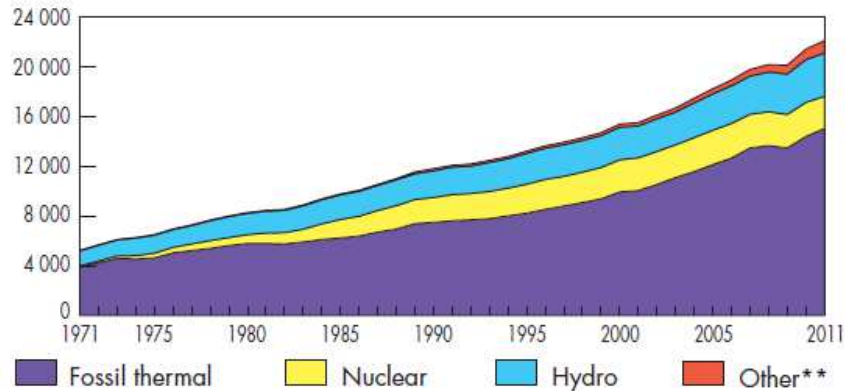
## **2. Le charbon domine la production d'électricité dans le monde**

En ce qui concerne la production d'électricité mondiale, celle-ci provenait, en 2011, à 41,3 % des combustibles solides qui se placent largement en tête devant l'hydraulique et le nucléaire (cf. Fig. 4 et 5). En 2011, plus de 9 100 TWh étaient produits à partir du charbon et du lignite.

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 %).

Au niveau mondial, les 2/3 du charbon extrait chaque année servent à la production d'électricité et cette tendance va en s'amplifiant car 90 % de l'accroissement de la demande de charbon correspond à la production d'électricité.

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.



### 1973 and 2011 fuel shares of electricity generation\*

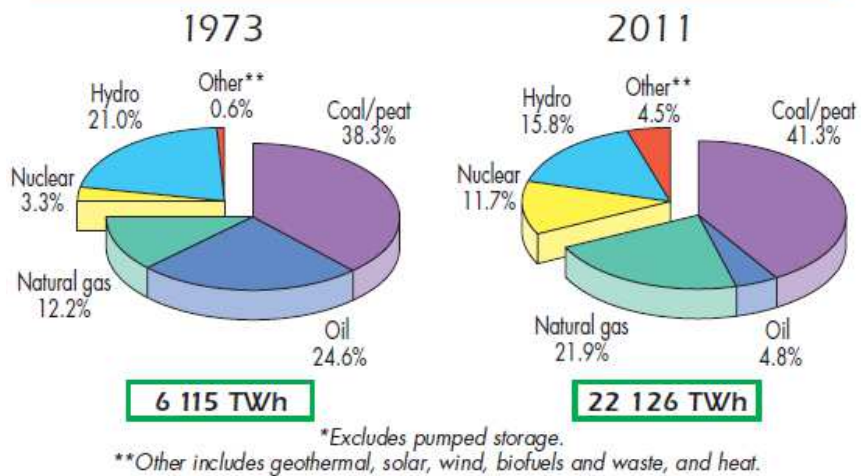


Fig. 4 – Le charbon dans la production d'électricité par source primaire (2)

### 3. Les utilisations futures du charbon pour la production d'électricité

L'utilisation massive du charbon dans les centrales électrogènes est actuellement dommageable pour l'environnement (émissions de poussières, de CO<sub>2</sub>, de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), d'oxydes d'azote (NOX), de métaux lourds, ... etc.).

Aussi, à 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 CO<sub>2</sub>.
- 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 CO<sub>2</sub> à moyen/long terme pourrait conduire, en plus du recours au nucléaire et aux ENR, à capter et stocker le CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, de nouveaux types de centrales énergétiques à charbon pourraient voir le jour. Le combustible réagirait, sous pression, avec de l'eau pour former du CO<sub>2</sub> (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).

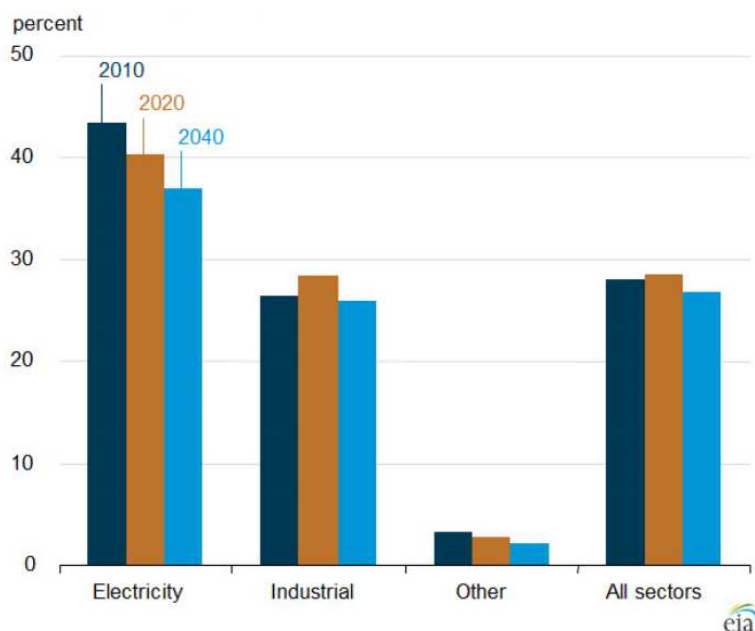


Figure 5 - Evolution de la place du charbon dans la production future d'électricité (document IEA)

#### 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 du fait de l'augmentation des prix du pétrole et 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 CO<sub>2</sub> (qui pourraient éventuellement être récupérées et stockées).

Il existe deux procédés de transformation du charbon :

- La gazéification qui produit du « Syngas » (H<sub>2</sub> + CO) après élimination des impuretés, ensuite liquéfié, à partir duquel on peut fabriquer du méthanol ou des alcanes par réaction Fischer-

Tropsch. 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 et en Inde, 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 2013, le prix du charbon a été multiplié par 5 mais le prix du pétrole par 2,5 seulement ; 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 CO<sub>2</sub> 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 1000 milliards de tonnes de combustibles solides (600 GTEP, dont 80 % de charbon et 20 % de lignite) soit plus de 110 années au rythme de production actuel (Tableau 3).

Les ressources ultimes seraient, quant à elles, 5 à 6 fois plus importantes (3500 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.

Ces réserves de charbon et de lignite sont assez bien distribuées dans le monde. Leurs répartitions géographiques sont données sur la figure 6.

**Tableau 3 : Réserves prouvées de combustibles fossiles**

Type de ressource	Réserves estimées GTEP	Consommation 2011 GTEP	Nb d'Années de consommation (base 2011)
Charbon + lignite	560	5	112
Pétrole	208	3.9	53
Gaz naturel	175	3	58

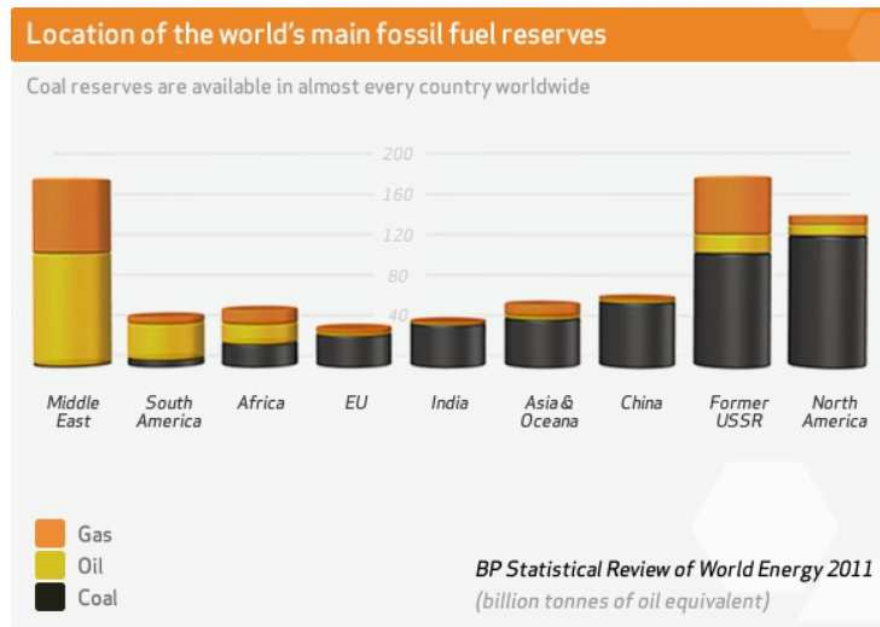


Figure 6 – Répartition des réserves de charbon dans le monde (Gtep)

## 7. Bibliographie

- (1) – BP Statistical Review of World Energy - 2014 –  
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>
- (2) - IEA - Key World Energy Statistics 2013  
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>