

## **Le Charbon : une énergie du passé avec laquelle nous devons vivre encore longtemps !**

Louis-François Durret

14 décembre 2017

Chaque énergie a une histoire forte, mais celle du charbon est certainement la plus marquante de toutes.

Le charbon est à l'origine de la révolution industrielle en Europe puis aux USA, et plus récemment du décollage économique de la Chine. Le charbon est source d'énergie et matière première de la sidérurgie, du ciment, de la chimie et du chauffage.

Ses réserves abondantes et idéalement situées, au cœur même de l'Europe (Royaume-Uni, Allemagne, France), ont été exploitées avec un coût humain considérable, accepté à l'époque et même objet d'une certaine fierté, ainsi qu'un coût environnemental également accepté, s'agissant des impacts sur les sols et sur l'eau et qui était même devenu, s'agissant de l'impact sur les paysages, un élément de l'identité des territoires.

Le charbon a été de plus en plus concurrencé par le pétrole et le gaz et les mines d'Europe de l'Ouest ont été fermées dans les années 1970. Ce combustible semblait sur le déclin, quand la Chine en a fait à son tour le carburant de son développement économique à partir des années 1980. Cette deuxième révolution industrielle a provoqué une augmentation considérable de la production de charbon en Chine qui a été multipliée par dix en une génération !

La Chine explique quasiment à elle seule la hausse de la consommation mondiale des trente dernières années. Les autres pays d'Asie, et surtout l'Inde voient maintenant leur consommation progresser très rapidement.

Le charbon a longtemps été la première source mondiale d'énergie primaire et reste important avec environ 40% de la production d'électricité. Toutefois, il est de plus en plus souvent concurrencé par le gaz dans nombre de pays industrialisés (OCDE) pour la production d'électricité et de chaleur. Sa domination n'est plus globale mais régionale.

Mais s'il a été le « carburant » du développement économique mondial des deux siècles passés, n'ayons pas peur de dire que son bilan humain et environnemental est tout simplement catastrophique.

Le coût humain « direct » est colossal, estimé à un million de morts au cours des deux derniers siècles. Aujourd'hui encore il provoque quelques milliers de morts par an dans les mines en Chine, Inde et pays de l'Est.

Son bilan environnemental est également important, avec des conséquences sur l'eau, les paysages et les hommes avec les pollutions par les particules fines qui commencent à devenir un sujet de préoccupation majeur, avec des millions de morts prématurées.

Enfin, le charbon est responsable d'une très grande part des émissions de gaz à effet de serre, sa part étant de plus de 40% des émissions du secteur des énergies fossiles, qui correspondent à 90% des émissions totales. Cette pollution restera à jamais.

Malgré des efforts importants, la capture et la séquestration du CO<sub>2</sub> n'ont pas abouti à des résultats qui permettraient de poursuivre l'utilisation du charbon sans continuer à provoquer des dommages irréversibles sur l'environnement.

Et pourtant, en dépit de ce très lourd bilan, le charbon n'est pas tombé de son piédestal. Il joue certes un rôle moins important dans les pays développés, sans y être totalement banni, sauf par les fonds d'investissements et les électriciens les plus en pointe dans la décarbonation de leurs bilans.

Il est souvent détrôné économiquement par le gaz, mais le charbon reste le moteur « bon marché » et « local » des pays en développement.

On peut, dans ces conditions, se demander si les scénarios qui prévoient sa disparition progressive ne relèvent pas du rêve. Si le charbon maintient sa position actuelle en volume, voire l'augmente légèrement, alors cela rendra inatteignable les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, surtout si dans le même temps, le développement du nouveau nucléaire est entravé comme il l'est aujourd'hui !

## **1- Des réserves abondantes, bien réparties et faciles d'accès**

Le charbon est un combustible fossile d'origine organique. Il est le résultat de la transformation de la biomasse enfouie dans le sol au cours des temps géologiques. Sous l'effet de la pression et de la température, la biomasse se transforme en matière solide à haute teneur en carbone : le charbon. La teneur en carbone varie en fonction des conditions évoquées ci-dessus,

Les charbons les plus anciens et les plus riches en carbone sont âgés de 300 millions d'années (ère carbonifère). Il existe des charbons plus récents, déposés jusque dans l'ère tertiaire (lignite) ou quaternaire (tourbe), de bien moins bonne qualité et plus nocifs en matière de pollutions atmosphérique.

L'enfouissement de la biomasse au cours des temps géologiques s'étant produit un peu partout dans le monde, les gisements sont nombreux et bien répartis géographiquement. Ils diffèrent les uns des autres par leur taille, la qualité du charbon et leur profondeur, liée à l'histoire géologique. Ils peuvent être en surface ou à grande profondeur. Ces facteurs sont, avec l'éloignement des centres de consommation, les principaux déterminants du coût de ce combustible.

Les réserves de charbon, qui assurent a minima plus d'une centaine d'années de consommation, sont localisées dans plus de 70 pays.

Selon « Connaissance des Energies », à fin 2014 les trois plus grandes réserves prouvées se situent :

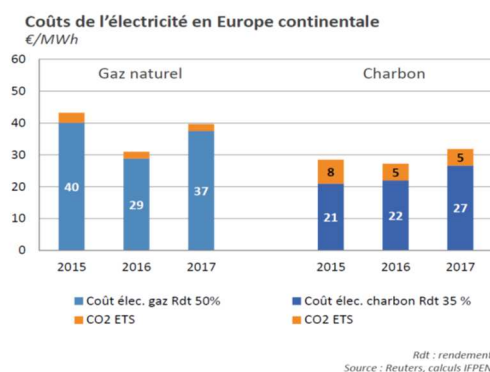
- aux États-Unis (237 Gt, soit 26,6% des réserves mondiales)
- en Russie (157 Gt, 17,6%)
- en Chine (115 Gt, 12,8%)

L'Australie, l'Inde, l'Indonésie, l'Ukraine, le Kazakhstan et l'Afrique du Sud détiennent également des réserves très importantes.

Du fait de l'abondance de ses réserves, de leur bonne distribution géographique et la (relative) facilité de leur exploitation, de la simplicité du transport et du stockage du charbon, son coût est relativement bas et assez peu spéculatif. Pour ces raisons, le charbon a des atouts pour rester une énergie importante dans les décennies à venir sauf si de nouvelles contraintes techniques (sur les normes relatives aux rejets ou les émissions de CO<sub>2</sub>) ou économiques (taxe carbone) lui étaient imposées.

## **2- Les coûts du kWh charbon vs les autres énergies**

Le charbon reste très économique par rapport au gaz, pour la production d'électricité, avec des coûts prévisibles bas et stables, mais il est plus sensible économiquement que le gaz à la taxation du carbone et est fragile au plan règlementaire et politique.



On relèvera d'ailleurs que la plupart des électriciens européens ainsi que des fonds (souverains ou d'investissements privés) abandonnent cette énergie sous la pression de l'opinion publique.

### 3- La consommation mondiale de charbon a doublé au cours des 40 dernières années principalement du fait du décollage économique de la Chine.

Le deux illustrations (source AIE) ci-dessous montrent l'évolution de la consommation et de la production mondiale de charbon.

La production mondiale de charbon était de 5,4 milliards de tonnes en 2016, contre 2 milliards de tonnes au début des années 1970. Son volume est en déclin depuis 2014, mais son niveau reste supérieur de 57% à celui de l'année 2000.

La Chine est, depuis 1985, le premier producteur mondial avec 3,2 milliards de tonnes. Sa production domestique a décliné en 2016 de 9% par rapport à 2015, du fait du ralentissement de son économie et des mesures prises par le gouvernement pour limiter la production. Mais dès 2017 sa consommation semble augmenter à nouveau.

Le charbon assure environ 60% de la production d'électricité du pays et alimente la sidérurgie, les cimenteries, etc. Rappelons que la Chine assure la moitié de la production mondiale d'acier et de ciment !

Figure 6: World coal consumption (Mtce)

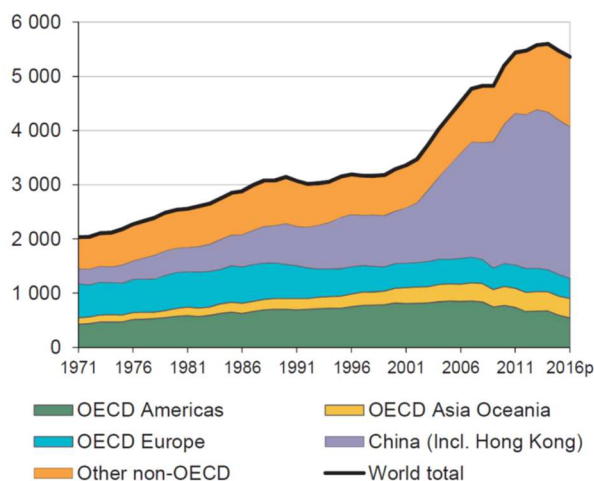
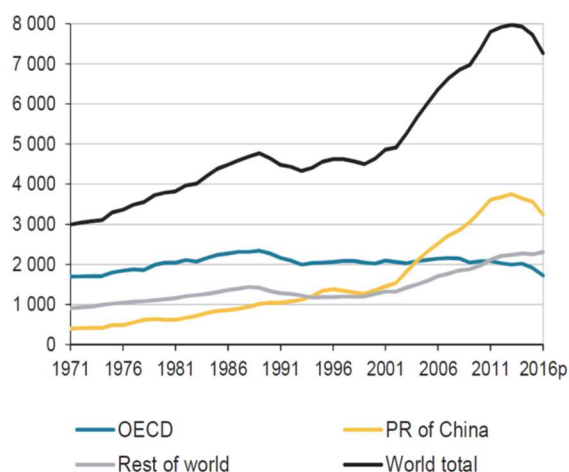


Figure 2: World total coal production (Mt)



La Chine est importatrice depuis le début des années 2000. Ses importations se sont rapidement envolées, du fait de la croissance de ses besoins et de l'inefficacité de son industrie charbonnière, souvent éloignée des zones de consommation. L'engorgement du trafic ferroviaire est un des facteurs qui ont conduit à recourir aux importations pour alimenter les provinces côtières. L'Australie et l'Indonésie sont devenus des fournisseurs importants de la Chine.

Figure 5: Total coal imports by major importers (Mt)

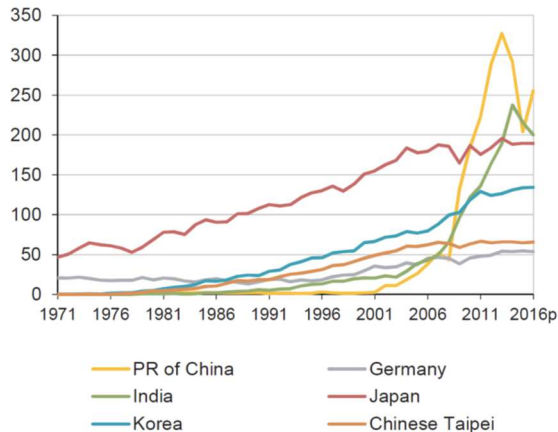
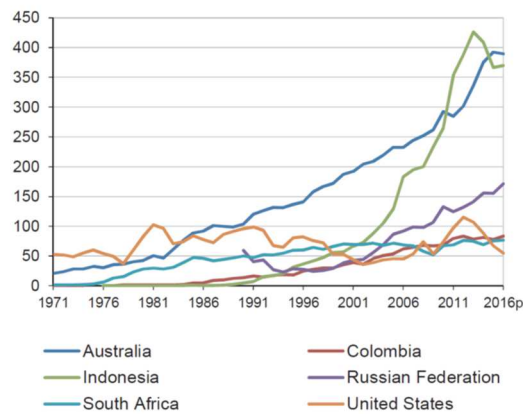
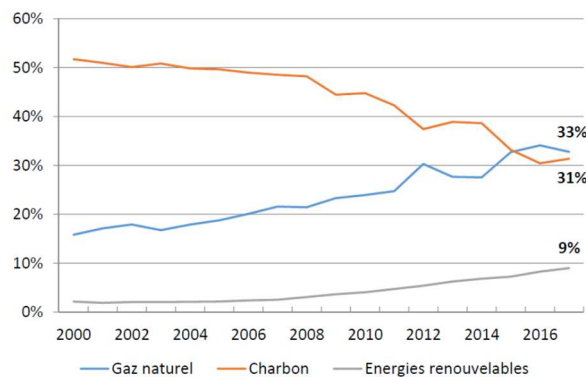


Figure 4: Total coal exports by major exporters (Mt)



La production de charbon décline aux USA comme sa part dans la production d'électricité, qui est passée de plus de 50% à 31% en une quinzaine d'années, sous l'effet de la concurrence du gaz de schiste. Ce secteur a été l'un des thèmes de campagne électorale du Président élu, en dépit du faible nombre d'emplois en jeu (80 000) mais l'économie réelle du secteur de l'énergie ne permettra pas sa renaissance.

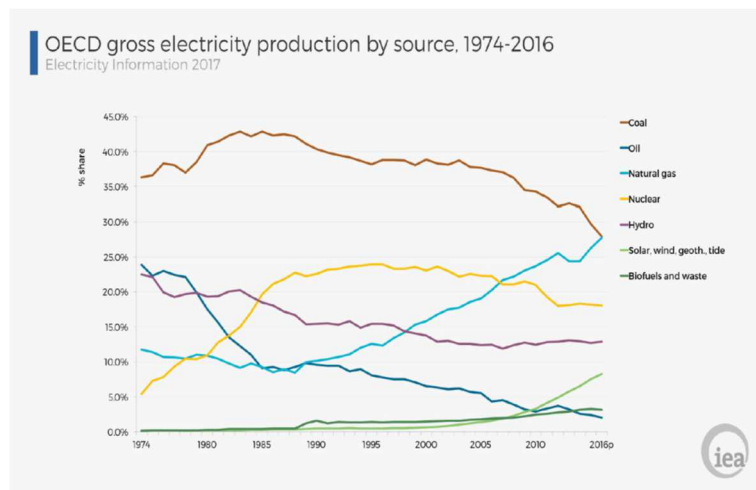
Énergies dans la production d'électricité aux États-Unis  
% du total



Source : EIA

#### 4- La part du charbon dans la production d'électricité décline dans l'OCDE

Pour la première fois de son histoire, le charbon est détrôné par le gaz pour la production d'électricité dans la zone OCDE.



## 5- Les risques liés au charbon

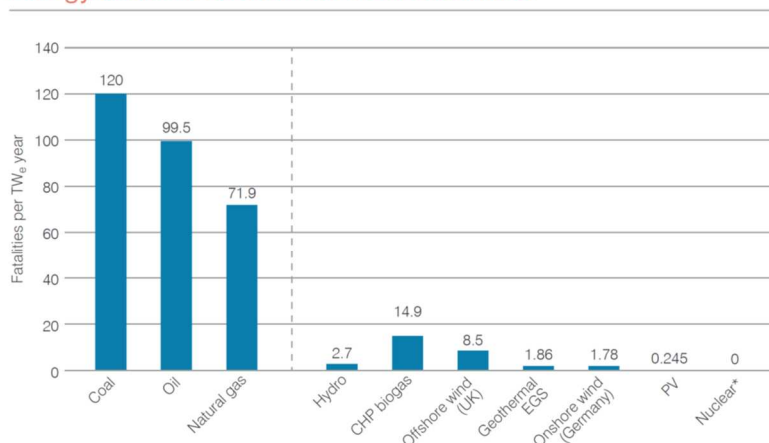
Le charbon est responsable d'environ un million de morts (directs) au cours des deux derniers siècles. Ces risques sont principalement ceux auxquels les mineurs sont confrontés :

- Risques miniers « classiques », éboulements, inondations etc
- Exposition aux poussières, provoquant des silicoses et autres maladies pulmonaires
- Exposition aux gaz toxiques et asphyxiants
- Incendies et explosions (catastrophe de Courrières en France, avec plus de 1000 morts)

Le tableau ci-dessous compare la mortalité des différentes énergies dans les pays de l'OCDE.

Le nombre de morts provoqué par le charbon en moyenne OCDE est élevé, il l'est encore plus dans des pays tels que la Chine qui atteindrait, selon « Connaissance des énergies » un niveau de 5 morts par million de tonnes, soit plus de 15 000 morts par an, contre un peu moins de 1 mort par millions de tonnes en Australie ou aux US.

Energy accident fatalities for OECD countries



\*Gen II PWR, Swiss

Source: Paul Scherrer Institut. Data for nuclear accidents modified by World Nuclear Association to reflect UNSCEAR recommendations 2012 and NRC SOARCA study 2015.

Les risques environnementaux du charbon sont également très importants.

L'impact sur les paysages est évidemment le plus visible. Les terrils sont des marqueurs dont les habitants sont en général fiers. Ils sont parfois réutilisés à des fins touristiques. Il n'en va pas de même des gigantesques plaies béantes provoquées par l'exploitation du lignite, avec déplacements forcés de villages. Des régions entières ont été dévastées.

Les impacts sur les nappes phréatiques sont également importants, de même que la consommation d'eau pour le lavage du charbon et l'abattement des poussières.

Les émissions de gaz continuent après l'arrêt des mines. Ces gaz peuvent être récupérés pour produire de l'énergie. C'est une technique très développée en Allemagne et qui commence à l'être en France.

Si les émissions de gaz et de poussières par les mines et bien sûr par la combustion du charbon dans les centrales électriques ont longtemps été ignorées, elles sont aujourd'hui au cœur des débats environnementaux.

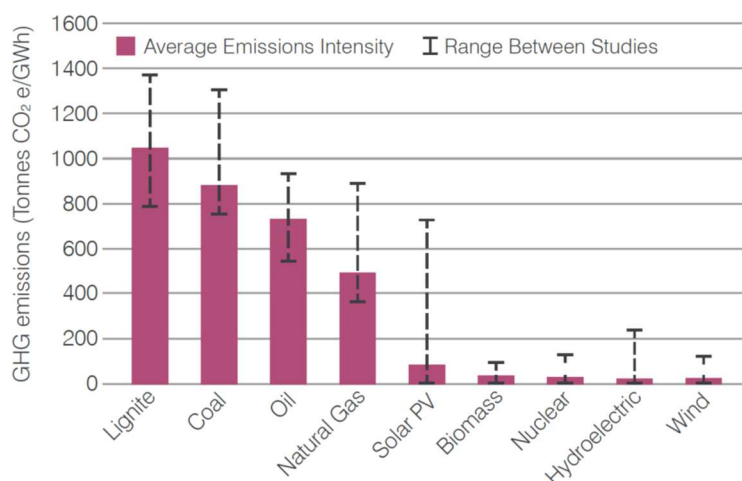
Outre les gaz à effet de serre bien connus, la combustion du charbon provoque également des émissions de radon.

Les poussières, abattues à l'eau, et les cendres issues de la combustion n'ont pas toujours été gérées convenablement et ont provoqué également des pollutions des nappes et des sols.

La radioactivité des cendres est curieusement un sujet curieusement rarement évoqué.

## 6- Le cas des émissions de gaz à effet de serre et de la pollution atmosphérique

Les émissions de gaz à effet de serre par les centrales à charbon et lignite sont très supérieures à celles des centrales à fuel et surtout à gaz.



Source: World Nuclear Association meta study, incl. IPCC 2014

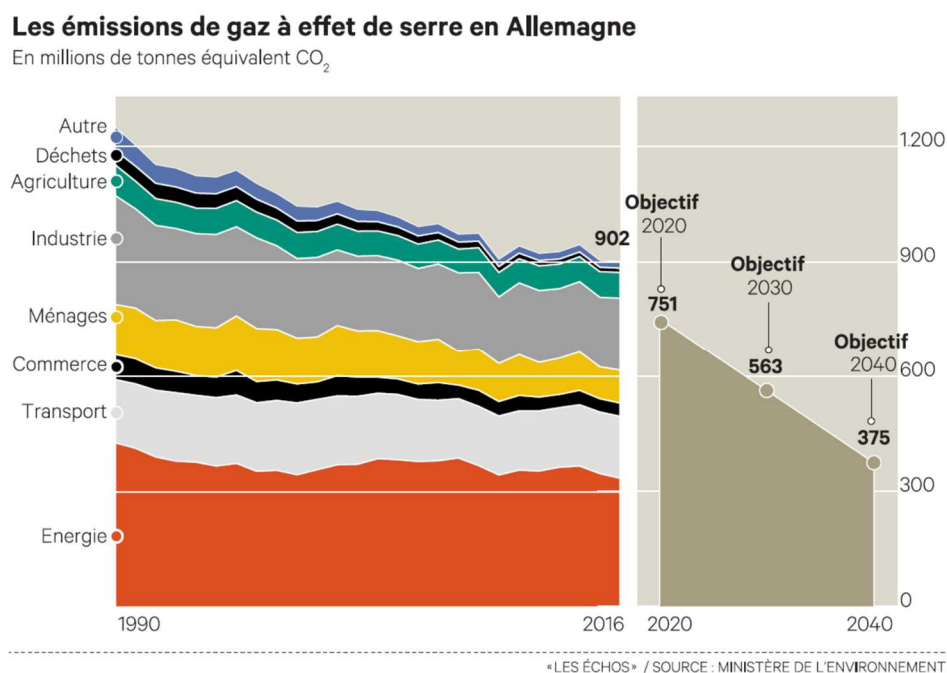
by the World Health Organisation, Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health, 2014

Au niveau de l'Union Européenne, le charbon est responsable de 75% des émissions et de seulement 25% de la production d'électricité. La combustion du charbon émet également du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote et des particules fines. Ces polluants sont reconnus aujourd'hui comme étant à l'origine de graves problèmes de santé publique et provoqueraient chaque année 400 000 décès prématurés dans l'UE.

Peu de pays de l'UE sont encore très dépendants du charbon. Seule la Pologne l'est vraiment avec environ 100 000 personnes employées dans le secteur minier. L'Allemagne, avec ses immenses mines de lignite l'est aussi mais dans une moindre mesure, même si l'attachement au charbon reste fort.

L'Allemagne n'a pas réussi à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> comme prévu et n'atteindra pas l'objectif de -40% en 2020 par rapport à 1990. Les émissions se sont stabilisées depuis 2014 mais ne baissent pas. La fermeture des centrales à charbon est la seule solution pour y parvenir. Mais le « charbon », en réalité « charbon et lignite », est un sujet techniquement

important, avec 40% de l'électricité qui en est issue et surtout politiquement sensible. En particulier il divise la fragile coalition envisagée avec les Verts et le FDP. Un fait nouveau est l'appel lancé le 7 novembre 2017 par cinquante entreprises, qui emploient 300 000 personnes en Allemagne et 1,5 millions dans le monde, et réalisent 300 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel, en faveur de la sortie du charbon. Peu de temps auparavant l'une des fédérations professionnelles les plus importantes avait appelé au respect des objectifs de l'Accord de Paris.



Le sujet de la pollution atmosphérique devient de plus en plus prégnant. Pour la première fois, il sera abordé lors de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement, qui se tient à Nairobi en décembre 2017. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 12,6 millions de personnes meurent chaque année à cause d'un environnement dégradé. La moitié d'entre elles seraient victimes de la pollution atmosphérique. L'OMS souligne que ce sujet n'a pas mis en exergue avec suffisamment de force lors des COP précédentes où l'on a focalisé l'attention sur le changement climatique. Alors que le problème le plus immédiat et le plus dévastateur est, selon l'Organisation, celui de la santé publique.

L'Europe, et particulièrement le Royaume Uni a connu ce problème de « smog » dans les années 1950, mais sans commune mesure avec la situation catastrophique des métropoles asiatiques au cours des dernières années.

Les incroyables épisodes de pollution atmosphérique en Chine (plus de 460 millions de personnes affectées en décembre 2016 !) et plus récemment en Inde, ont marqué les esprits. Ils ont conduit à des décisions fortes et rapides en Chine qui auraient commencé à porter leurs fruits, selon l'OMS. La prise de conscience serait plus lente en Inde, alors que l'épisode de Delhi a montré un pic de 900 microgrammes par mètre cube de particules PM<sub>2,5</sub> pour une recommandation de l'OMS de ... 10 (en moyenne annuelle). Certes la combustion du charbon n'est pas le seul sujet, il y a bien entendu les émissions des automobiles et de l'agriculture, mais c'est un levier majeur dans la réduction de la pollution et indispensable si l'on veut aller vers une mobilité décarbonée !

Pendant ce temps, les lobbies pro-charbon continuent de s'activer aux USA et la COP23 a été le lieu d'une bataille médiatique entre les représentants de ce secteur et des élus des Etats (Oregon, Washington), et des municipalités qui veulent bannir la consommation de charbon.

Sur cette question de pollution et de santé, d'atteinte à l'environnement, il convient de noter que la « judiciarisation » est en marche ! En Norvège, pour la première fois, des ONG attaquent l'Etat en justice parce que ses actions seraient en contradiction avec la constitution qui garanti le droit des citoyens actuels et à venir à un environnement salubre. Les plaignants mettent notamment en exergue une autorisation de prospection pétrolière en mer de Barents et soulignent l'incohérence avec l'Accord de Paris sur le Climat, qui imposerait, pour atteindre l'objectif de 1,5 à 2°C, de laisser dans le sous-sol les hydrocarbures non encore exploités. Un fait juridique très nouveau vient aussi de se produire en Allemagne. Un paysan péruvien a attaqué l'électricien Eon devant une cour allemande qui a jugé sa plainte recevable. Le plaignant estime qu'Eon, émetteur de gaz à effet de serre est responsable des conséquences qu'il subit, au Pérou, du changement climatique.

## **7- Les évolutions technologiques permettront-elles de capter et séquestrer le CO2 et à quel coût ?**

Dans le domaine du charbon, des progrès considérables ont été faits pour améliorer le rendement des centrales thermiques, ce qui réduit la quantité de CO2 émise par kWh produit. Le rendement moyen (en kWh par tonne) est passé de 30 % à 45 % pour les centrales « supercritiques ».

Les émissions de CO2 d'une centrale moderne sont certes inférieures de 40% à celles d'une centrale du milieu du XXème siècle, selon Connaissance de Energies, mais les centrales restent des sources importantes de pollutions pas les NOx, SO2 et poussières.

Peut-on aller vers un charbon « propre », avec la capture et la séquestration du CO2 ? Ce sujet est étudié depuis des décennies et ne semble pas avoir débouché sur des solutions industrielles et économiques.

La capture du CO2 peut se faire en absorbant celui-ci, après la combustion, sur un solvant aminé. Le solvant absorbe le CO2 puis le libère lors de sa régénération. Le CO2 est ensuite injecté dans des couches géologiques profondes, par exemple dans celles qui ont des gisements de pétrole ou de charbon épuisés, en s'assurant qu'il reste piégé pour l'éternité dans ces couches géologiques....Un inconvénient est que ce schéma ne peut fonctionner que pour des centrales situées sur des zones d'extraction de fossiles, et/ ou situées sur des zones géologiquement favorables.

Son coût est très important tant en investissement qu'en exploitation, la réinjection du CO2 étant un poste économique majeur. Le GIEC évoque 60 €/tonne de CO2, avec comme pour toute technologie nouvelle un potentiel d'amélioration des coûts. La valorisation du CO2 dans des cas très particuliers peut permettre une exploitation plus économique, comme c'est le cas à Chennai en Inde, dans une unité pilote qui récupère le CO2 pour un usage chimique. Mais il s'agit de quantités modestes émises par une centrale de 10 MWe.

Une autre voie qui fait l'objet de pilotage industriel est la combustion dans de l'oxygène pur, ce qui permet d'éviter la génération d'oxydes d'azote (NOx). Le CO2 sera récupéré plus simplement par lavage et déshydratation des fumées, mais cette technologie ne peut être utilisée que sur des centrales nouvelles.

La capture du CO2 ne fait aujourd'hui l'objet que d'expérimentations, une quinzaine environ dans le monde. Tant que le prix de marché du carbone restera aussi bas qu'aujourd'hui,



l'incitation économique ne poussera pas les acteurs à investir dans ce domaine. L'incitation politique semble faible. Rappelons que le volet sûreté du stockage souterrain du CO2 est une autre très grande difficulté de cette voie.

Pourtant, l'AIE considère, dans son scénario 2°C, que cette technologie pourrait contribuer de façon non négligeable à la réduction des émissions mondiales de CO2 à l'horizon 2050.

## 8- Quelles perspectives pour le charbon ?

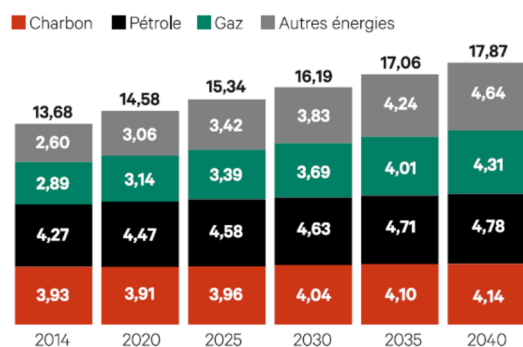
Une source majeure d'émission de gaz à effet de serre, de pollutions et d'accidents mortels, une énergie qui consomme énormément d'eau et engorge dans certains pays les moyens de transport. Tout semble condamner le charbon ! mais il sera encore là, et bien là, en 2040 !

Pour atteindre un niveau de vie correct, vient de souligner Bill Gates au sommet de Paris, l'Inde devra multiplier ses capacités de production d'énergie par six et la Chine par deux.

La Chine continue de construire des centrales thermiques à charbon à un rythme impressionnant et inquiétant : + 48 GWe en 2016, la cible pour l'année 2020 étant de 1100 GWe contre 943 en 2016.

### La consommation d'énergie primaire mondiale à l'horizon 2040

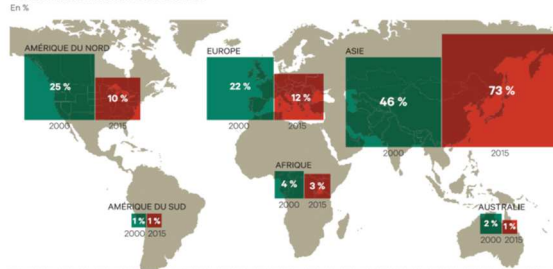
En milliards de tonnes équivalent pétrole



Les Echos Mardi 13 décembre 2016

### Comment le charbon est devenu « une histoire asiatique »

Consommation mondiale de charbon



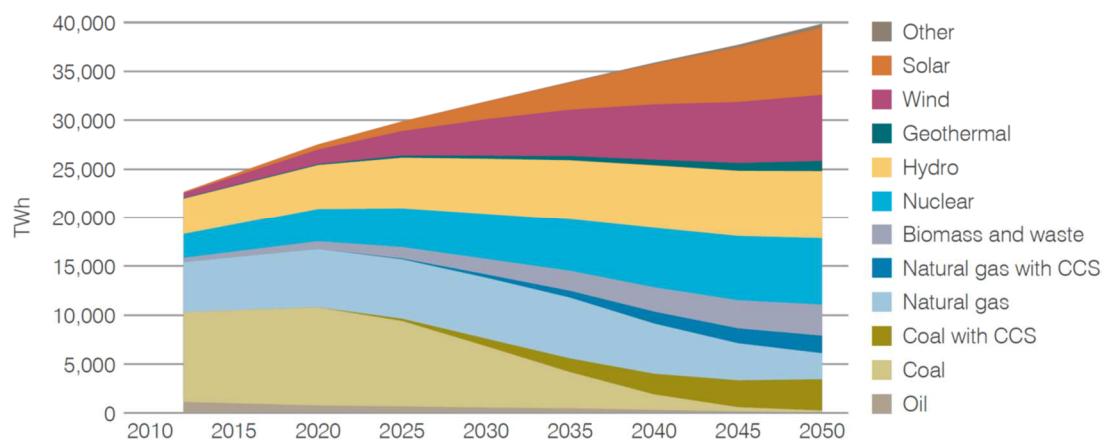
- L'évolution des cours du charbon est guidée par la seule Chine.
- En 2021, la part de l'Asie devrait représenter 76 % de la demande mondiale.

Le scénario central de l'AIE publié fin 2016, qui tient compte des intentions annoncées par les Etats dans le cadre de l'Accord de Paris, voit même la consommation mondiale de charbon augmenter légèrement en volume. Au niveau mondial, le parc de centrales thermiques à charbon s'est accru de 900 GWe entre 2000 et 2016, l'AIE prévoit qu'il ne devrait augmenter « que » de 400 GWe d'ici à 2040.

Le charbon décline en Europe et aux USA mais croît dans les pays d'Asie en développement. Au-delà de la Chine, le charbon est devenu une « histoire asiatique », comme le souligne le journal Les Echos. Mais évidemment, le charbon serait l'énergie la plus « à risque » en cas de mise en place de politiques plus contraignantes pour lutter contre le changement climatique.

Un scénario 2°C de l'AIE permettrait d'atteindre un pic d'émissions de gaz à effet de serre avant 2020. Il suppose, outre une part de 60% de renouvelables, un arrêt du charbon à l'horizon 2040 et du maintien partiel au-delà avec capture et séquestration du CO2. Mais, sur ce dernier volet, est-ce réaliste et à quelles conditions ?

## IEA 2°C scenario



### Conclusion

Le charbon reste une énergie incontournable au niveau mondial et continuera d'être le carburant du développement des pays en voie d'industrialisation, compte tenu de sa relative facilité d'utilisation, de ses prix bas et stables, souvent exprimés en monnaie locale, et de l'absence d'enjeux géostratégiques.

Son coût humain et environnemental est terrible mais cela ne l'entrave qu'à la marge et principalement dans les pays développés. Le charbon « propre » n'émerge pas, au-delà de l'augmentation de la performance des centrales thermiques qui a beaucoup progressé.

Les émissions de gaz à effet de serre seraient en augmentation en 2017 après trois années de stagnation, dues à la reprise de l'activité économique en Chine (+6,8%) entraînant une augmentation de la consommation d'énergie (charbon : +3%, pétrole : + 5%, gaz : +12%).

La Chine est responsable du quart des émissions mondiales avec 10 Gt de CO<sub>2</sub> sur 41 Gt. La transition énergétique est un des objectifs clefs du gouvernement pour les prochaines années mais son exécution dépend largement des décisions des provinces qui, pour certaines, continuent à autoriser la construction de centrales électriques à charbon ! Le problème est loin d'être résolu.

Sauf mise en place de contraintes réglementaires nouvelles, par exemple sur les émissions de particules fines, ou financières avec une vraie taxation du carbone, le charbon continuera très probablement à jouer un rôle important dans le mix énergétique mondial et surtout régional en Asie, et dans ce cas le scénario 2°C ne sera pas tenable.