

SITUATION MONDIALE DE L'ÉNERGIE

- 1- *Production d'énergie primaire dans le Monde*
- 2- *Disparités des consommations d'énergie dans les différentes zones économiques.*
- 3- *Perspectives à moyen et long terme pour l'évolution de la demande énergétique mondiale*
- 4- *Energie et environnement*
- 5- *Les combustibles fossiles : où en sommes-nous des réserves ?*

1 - Production mondiale d'énergie primaire

L'énergie primaire est l'énergie disponible dans la nature avant toute transformation comme le sont les combustibles (charbon, bois, hydrocarbures), les énergies mécaniques (hydraulique, éolienne, gravitation), thermiques (géothermique, solaire thermique), électromagnétique (photovoltaïque) et nucléaire (radioactivité de l'uranium transformée en chaleur par la fission nucléaire).

L'importante utilisation du pétrole durant le XX^{ème} siècle a conduit à généraliser comme unité d'énergie mondiale, l'énergie fournie par la combustion d'une tonne de pétrole, unité dite « tonne équivalent pétrole », *tep*. Une *tep* correspond à 12 MWh, valeur moyenne entre 12,39 MWh et 11,63 MWh suivant que l'on prend en compte le pouvoir calorifique supérieur ou le pouvoir calorifique inférieur du pétrole¹. Concernant l'électricité d'origine nucléaire, il est courant d'utiliser une unité prenant en compte le rendement de conversion d'une centrale électronucléaire, soit 33%, ce qui correspond à un facteur de conversion de: $1 \text{ MWh} = 0,086/0,33 = 0,2606 \text{ tep}$.

Pour ce qui est de la production mondiale les diverses sources d'informations statistiques présentent de légères différences dont certaines peuvent s'expliquer² et dont d'autres témoignent de la difficulté de l'exercice.

En recherchant les ordres de grandeur, plutôt que la précision arithmétique, la situation dans les premières années du 21^{ème} siècle peut se résumer par le tableau 1 ci-dessous, extrait des statistiques de l'IEA³ pour l'année 2017.

Il ressort de ce tableau que plus de **80% de la production mondiale d'énergie** a été basée en 2017 sur les combustibles fossiles avec une augmentation sensible de la production de charbon au détriment des autres sources. On constate, par ailleurs, que **86,8% de la production mondiale d'énergie primaire** provient de ressources **non renouvelables**, une situation sans changement par rapport à 2010.

¹ Le pouvoir calorifique est dit supérieur lorsqu'on récupère l'énergie de la condensation de l'eau que produit la combustion, il est dit inférieur dans le cas contraire ;

² Les chiffres peuvent être affectés entre autres par la prise en compte :

- de corrections climatiques,
- de la consommation d'énergie liée à la production (production brute / production nette),
- des emplois à des fins non énergétiques (matières premières pour l'industrie chimique : vapocraquage, production d'ammoniac, d'hydrogène et de méthanol par exemple)

³ IEA : International Energy Agency

Source primaire	Mtep	%
Pétrole	4 471	32
Charbon	3 786	27,1
Gaz naturel	3102	22,2
Nucléaire	685	4,9
Hydraulique	349	2,5
Renouvelables + déchets	1 579	11,3
TOTAL	13 972	100

Tableau 1 – Production mondiale d'énergie primaire en 2017 en millions de tep (Mtep)

Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2019

En revanche, cette production d'énergie primaire a évolué dans le temps depuis 1973. La figure 1 en montre la croissance, ainsi que la part de chaque source.

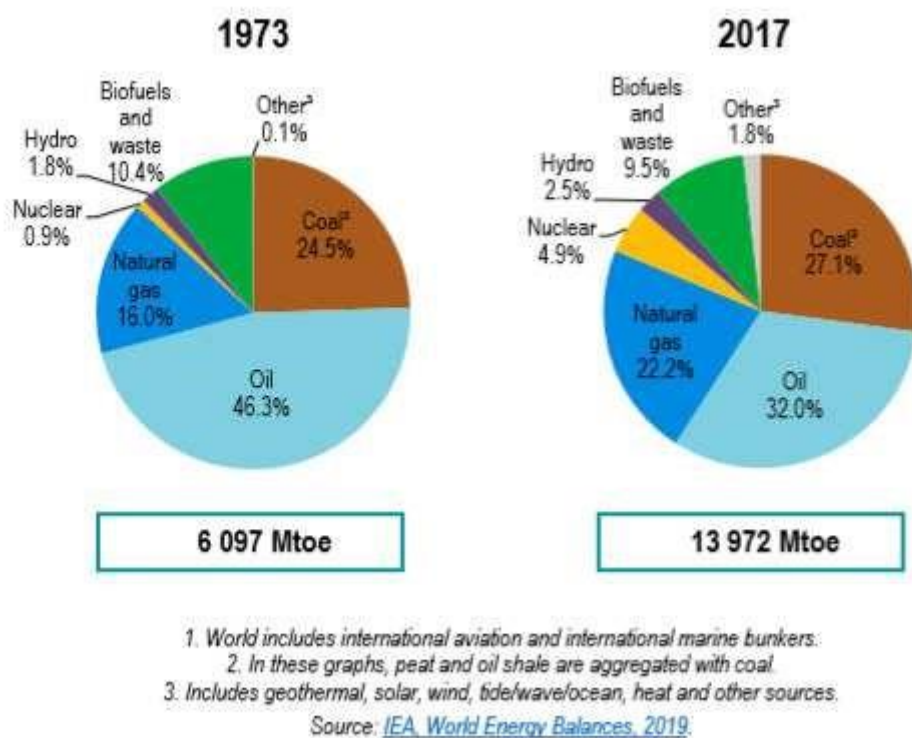


Figure 1 – Evolution de la production d'énergie primaire (en millions de toe: ton of oil equivalent, 1 toe = 1 tep) par source

Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2019

Cette **production** d'énergie primaire a conduit, en 2017, à une **consommation** totale d'énergie dans le monde de **9 717 Mtep** (Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2019). La figure 2 montre l'évolution de cette consommation depuis 1971, en croissance régulière.

En 2018, 181 GW d'énergies renouvelables ont été installées : un nouveau record qui augmente la capacité totale de production d'électricité d'origine renouvelable pour atteindre environ 2 300 GW selon le rapport de référence *Renewables 2019 Global Status Report* (GSR) de l'association REN21.

Au niveau mondial, **les énergies renouvelables représentent dorénavant en 2017 19,3 % de la consommation finale d'électricité** contre 78,4 % pour les combustibles fossiles et seulement 2,3 % pour le nucléaire

World¹ TFC from 1971 to 2017 by source (Mtoe)

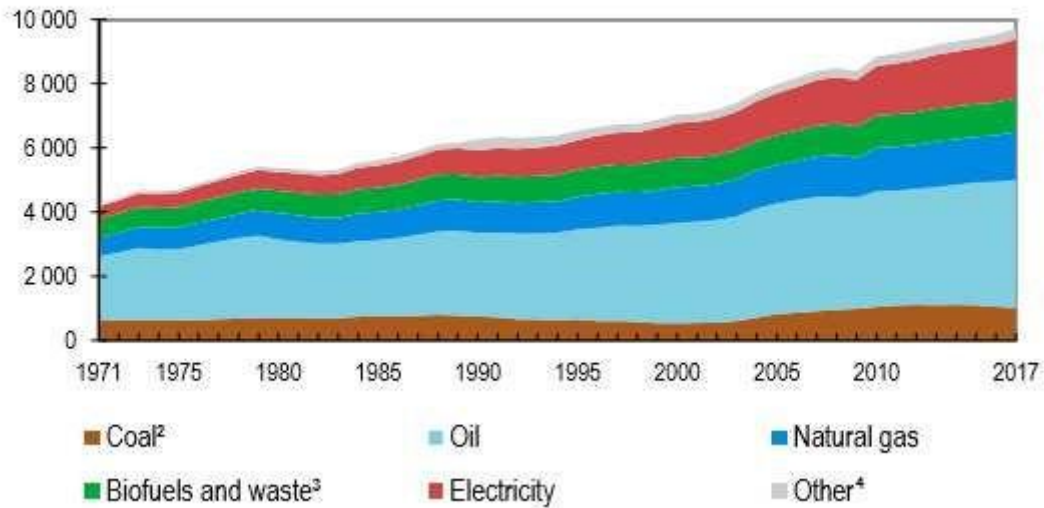


Figure 2 – Evolution de la consommation mondiale d'énergie

Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2019

2 - Disparités des consommations d'énergie dans les différentes zones économiques

On constate des écarts énormes entre les différentes zones économiques de la planète : environ 1,6 milliards d'habitants n'ont aujourd'hui pratiquement pas accès à l'énergie.

Zone économique	Consommation d'énergie primaire par habitant (tep/hab)
USA	6,80
Amérique Latine	1,28
O.C.D.E. dont	4,12
<i>Allemagne</i>	3,77
<i>France</i>	3,71
Afrique	0,66
Moyen Orient	3,21
Asie dont	0,73
<i>Chine</i>	2,17
<i>Japon</i>	3,38
Moyenne mondiale	1,86

Tableau 2 – Consommation d'énergie primaire par habitant en 2015, en tep

Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2017

3 - Perspectives à moyen et long terme. Evolution de la demande énergétique mondiale

Sous l'effet de :

- l'accroissement de la population mondiale (9 à 10 milliards d'habitants à l'horizon 2050),
- des efforts des pays en voie de développement pour combler leur décalage économique (croissance de 8 à 10% en Chine et en Inde),

- du maintien d'une légère croissance de la demande énergétique dans les pays développés,

la demande d'énergie primaire poursuit sa croissance.

La figure 3 précise l'évolution prévisible de cette demande, par source d'énergie, d'ici 2040.

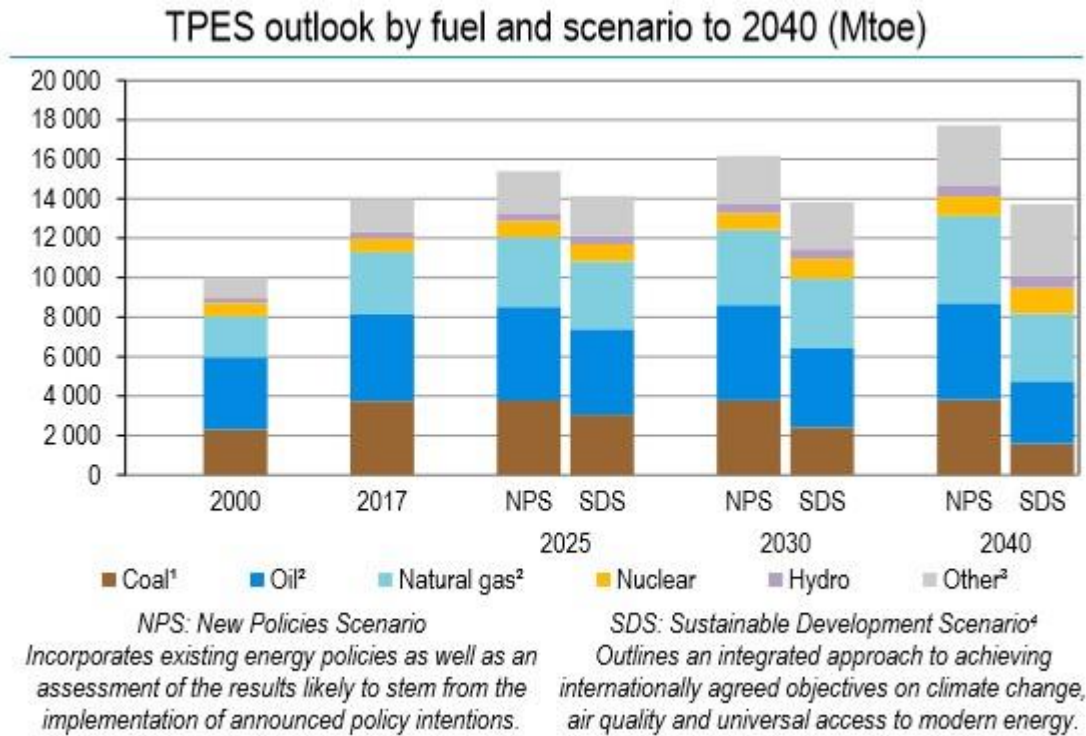


Figure 3 – Evolution de la production d'énergie primaire en Mtep par type de source d'énergie

Source: Key World Energy Statistics, IEA – 2019

Les experts tablent sur une croissance moyenne de l'ordre de 1,5 - 1,7% par an pour les prochaines décennies ce qui conduit à prévoir une **production mondiale** de l'ordre de **15 milliards de tep** dans les années 2040 – 2050.

La figure 4 montre les prévisions de **consommation**, en 2040, selon le secteur d'utilisation, à comparer à une valeur de 8 918 Mtep en 2011, et 9 717 en 2017.

Total final consumption by sector and scenario in 2040

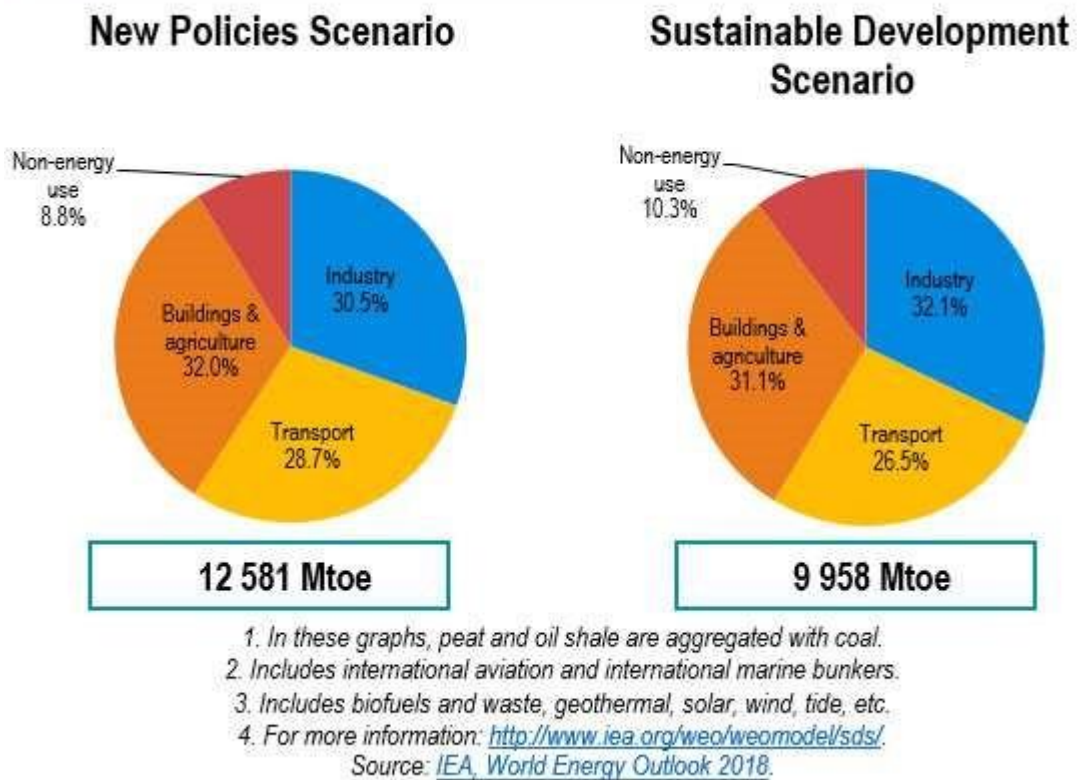


Figure 4 - Prévisions de consommation d'énergie en 2040, selon les secteurs et le scénario.

4 - Energie et environnement

L'augmentation des émissions de CO₂ est liée à l'activité humaine et en premier lieu à la production et à la consommation d'énergie par combustion des combustibles fossiles. La teneur en CO₂ de l'atmosphère terrestre, voisine de 260 ppmv avant la période industrielle, a augmenté de façon nettement perceptible dans le dernier tiers du 20^{ème} siècle pour atteindre 415 ppmv en mai 2019. Elle poursuit sa croissance au rythme voisin de 2 à 3 ppmv chaque année (3 ppmv en 2015, d'après les scientifiques américains de la NOAA¹) (cf. Fig. 5). La figure 6 montre que l'augmentation récente des émissions est principalement due au développement économique de la Chine.

L'accroissement de « l'effet de serre » qui en résulte provoque une élévation de la température moyenne du globe qui va en s'accéléralant.

C'est ainsi qu'au cours du 20^{ème} siècle, la température moyenne de l'air à la surface du globe a augmenté d'environ 0,75°C. Mais la vitesse de réchauffement au cours des 50 dernières années (0,13°C par décennie) est le double de celle calculée pour l'ensemble du siècle et les 12 dernières années figurent au palmarès des années les plus chaudes depuis 1850. Ce réchauffement induit des changements climatiques dont les conséquences à long terme pourraient conduire à une augmentation de la température moyenne de plusieurs degrés, entraînant une fonte des glaces polaires, elle-même provoquant une élévation notable du niveau des mers, une modification des courants marins, une augmentation des précipitations, des tornades, une modification de la biodiversité, etc....De fait, ces événements ont déjà commencé à apparaître !

¹ NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2017 by fuel (Mt of CO₂)

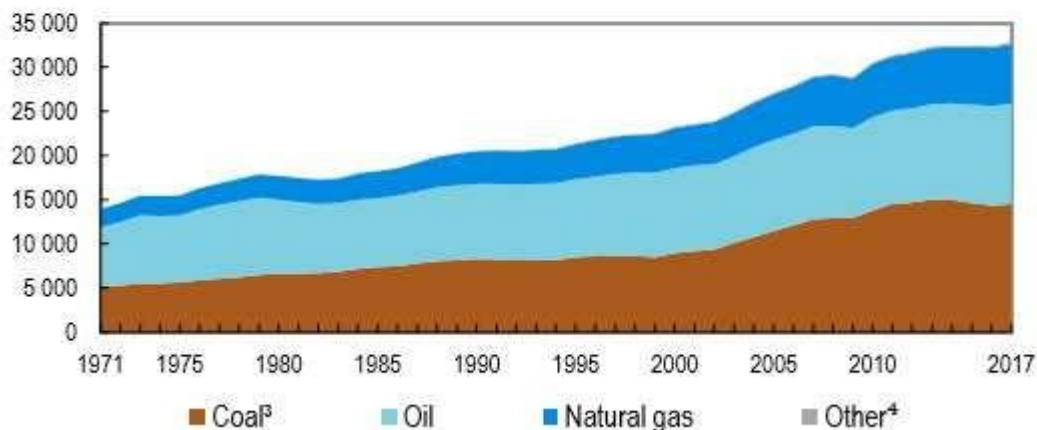


Figure 5 – Evolution des émissions de CO₂ par type de combustible (millions de t de CO₂)

Source: Key World Energy Statistics, IEA - 2019

World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2017 by region (Mt of CO₂)

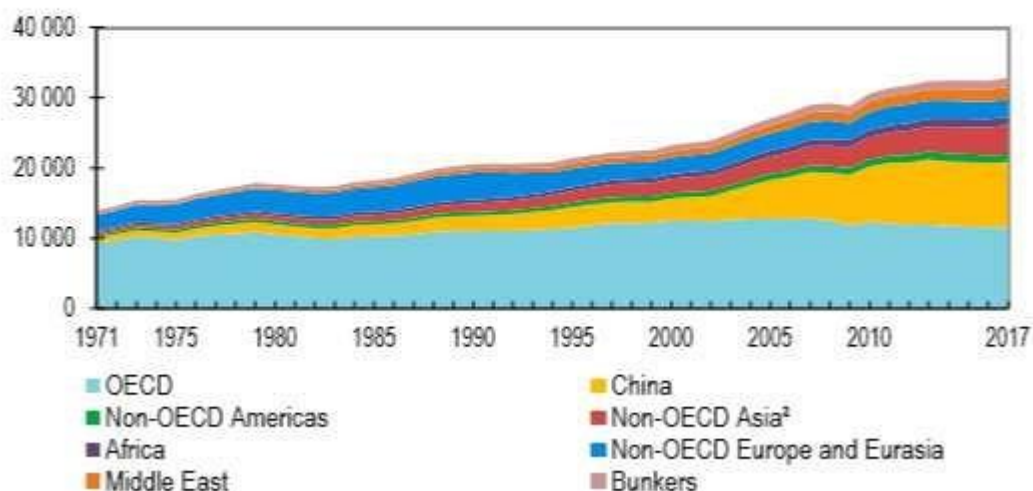


Figure 6 – Evolution des émissions de CO₂ par zone économique (millions de t de CO₂) Source:

Key World Energy Statistics, IEA - 2019

Sous l'égide de l'ONU, le sommet de Rio en 1992 et le protocole de Kyoto en 1997 ont conduit à des accords internationaux visant à stabiliser les émissions globales à l'échéance 2008 – 2012 au niveau de celles de l'année 1990. Pour laisser une plus grande latitude aux pays en voie de développement, les pays industrialisés se sont engagés à réduire en moyenne leurs émissions de 5,2% et pour sa part, l'Union Européenne a pris l'engagement d'une réduction moyenne de 20% d'ici 2020, par rapport à 1990.

Cette première phase du protocole de Kyoto n'est qu'une modeste amorce des efforts à déployer pour plafonner à 450 ppmv la concentration du CO₂ atmosphérique et limiter à moins de 2°C le réchauffement de la planète au cours du 21^{ème} siècle.

Les conférences internationales sur le climat de Durban en 2011, Doha fin 2012 puis Varsovie en 2013, puis la COP 21 à Paris en décembre 2015 ont confirmé la volonté de l'Union Européenne de progresser en retenant la décision d'abaisser de 20% les émissions d'ici 2020.

Aucun de ces objectifs n'a malheureusement été atteint !

L'Accord de Paris ratifié en octobre 2016 tente, à son tour, de rattraper une partie du temps perdu.

Formellement il prévoit de contenir d'ici à 2100 le réchauffement climatique nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C (article 2). et note cependant avec préoccupation que les niveaux des émissions globales de gaz à effet de serre en 2025 et 2030 estimés sur la base des contributions prévues déterminées au niveau national ne sont pas compatibles avec des scénarios au moindre coût prévoyant une hausse de la température de 2 °C, mais se traduisent par un niveau prévisible d'émissions de 55 gigatonnes² en 2030, et que des efforts de réduction des émissions beaucoup plus importants seront nécessaires, ramenant les émissions à 40 gigatonnes.

La neutralité carbone recherchée ne pourra être atteinte que si les émissions anthropiques sont équilibrées par les absorptions des puits de CO₂; or il semble difficile d'augmenter beaucoup la capacité des puits de CO₂ (surtout si les forêts amazoniennes continuent à être détruites !) ce qui veut clairement dire que la seule solution est de parvenir à une baisse très significative des émissions de CO₂ que l'on obtiendra de deux façons : les économies d'énergie et le remplacement progressif des combustibles fossiles par des sources d'énergie non émettrices de gaz à effet de serre (renouvelables et nucléaire).

5 - Les combustibles fossiles : où en sommes-nous des réserves ?

Le simple calcul du ratio R/P (réserves prouvées / consommation constatée) conduit à un chiffre qui caractérise la durée de vie des réserves.

Il ne faut pas donner à ce chiffre - exprimé en années - une signification absolue car les deux termes du ratio comportent des incertitudes :

- 1 / d'une part les progrès dans la recherche et l'exploitation des gisements ont tendance à augmenter le taux de récupération et donc, par là même, le volume des réserves prouvées et la « durée » de ces réserves,
- 2 / d'autre part, la croissance de la demande dans les prochaines décennies conduit au doublement de la consommation annuelle ce qui a évidemment l'effet inverse sur la « durée » des réserves.

Le tableau 3 ci-après résume la situation en ce qui concerne le pétrole, le gaz naturel et les minéraux solides (charbon, bitumineux et lignite).

Le fait que les 2/3 de ces réserves de pétrole soient situées au Moyen Orient dont 80% dans les Pays de l'OPEP, ne sera peut-être pas à l'avenir sans incidence sur le plan géopolitique. Néanmoins, les découvertes et les exploitations récentes de gaz de schistes, mieux répartis sur la surface du globe, semblent pouvoir modifier ces conclusions ainsi que la géopolitique associée, en augmentant significativement le R/P du gaz naturel. C'est ainsi, par exemple, que les USA, gros importateurs d'hydrocarbures jusqu'en 2010, deviennent maintenant exportateurs de gaz de schistes.

Dans le domaine nucléaire, avec les technologies utilisées aujourd'hui (réacteurs à eau PWR³ ou EPR⁴ et BWR⁵) et sans retraitement des combustibles, les réserves « raisonnablement assurées » d'uranium, en 2013 (source CEA) sont de 3 699 kt⁶, ce qui conduit à un ratio R/P de l'ordre de 60 ans

(consommation 2012 : 59 t). Cette valeur, assez faible, explique la volonté des pays industrialisés de développer, au sein de la génération 4, des réacteurs de type surrégénérateurs, qui pourraient fournir beaucoup plus d'énergie pour la même quantité de combustible nucléaire mis en jeu. Selon les choix technologiques retenus on pourrait ainsi multiplier ce rapport R/P par un facteur 2 à 3, suffisant pour

² Au début 2020, le chiffre d'émissions mondiales de CO₂ publié dans "Les chiffres clés du climat - I4CE" est de 53,4 Gt (eq. 2016).

³ PWR: Pressurized Water Reactor

⁴ EPR: European Pressurized Reactor, réacteur de génération 3

⁵ BWR: Boiling Water Reactor, réacteur à eau bouillante

⁶ auxquelles on peut ajouter 2 204 kt de réserves supplémentaires présumées

assurer la transition avec la filière nucléaire « fusion contrôlée » qui pourrait déboucher vers la fin de ce siècle si, toutefois, les performances attendues pour cette filière se confirment (projet ITER⁷).

	Réserves mondiales prouvées	R/P (au rythme actuel de la consommation) (années)
Pétrole (GTep)	239,3	50,2
Gaz naturel (trillions m ³)	193,5	52,6
Minéraux solides (milliards tonnes)	1035	134

Tableau 3 – Réserves d'énergies primaires fossiles (base 2017)

Source : Mémento sur l'énergie – CEA 2018

SOURCES

- **Key World Energy Statistics IEA 2019** <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2019>
- **CEA – Mémento sur l'Énergie édition 2018**
<http://www.cea.fr/english/Documents/scientific-and-economic-publications/MEMENTO-2018.pdf>
- **Renewables 2019 Global Status Report** https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

⁷ ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor, réacteur en cours de construction à Cadarache/France