

# Les Energies

Dr. Oussama Kheireddine Nehar

Departement de Physique

Université de Djelfa - Algerie

Ver: 1.0 03/05/2025





# Table des matières

<b>Objectifs</b>	<b>4</b>
<b>I - Chapitre 04 : Productions et consommations mondiales d'énergies, réserves et prévisions</b>	<b>5</b>
1. Objectives.....	5
2. Introduction.....	5
3. Pré-acquis.....	6
4. Test de Pré-acquis .....	6
5. Panorama des productions mondiales.....	7
5.1. Consommation mondiale de l'Energie .....	7
6. Production annuelle énergétique mondiale .....	9
7. Les réserves énergétiques.....	10
8. Test du Chapitre 04 .....	13
<b>Crédits des ressources</b>	<b>15</b>
<b>Mentions légales</b>	<b>16</b>

# Objectifs

- **Compréhension des Fondamentaux de l'Énergie** : Comprendre les concepts de base de l'énergie, y compris les définitions, les unités de mesure (Joule, kWh, tep, etc.) et les lois physiques (premier et second principe de la thermodynamique) régissant la conversion de l'énergie.
- **Maîtrise de la Conversion des Unités d'Énergie** : Savoir convertir correctement les différentes unités utilisées dans le domaine énergétique pour comparer et analyser les données de manière cohérente.
- **Exploration des Sources d'Énergie** : Présenter les diverses sources d'énergie, y compris les combustibles fossiles, l'énergie nucléaire, les énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse, etc.) et leur disponibilité à l'échelle mondiale et nationale.
- **Connaissance des Ressources Énergétiques en Algérie** : Identifier et analyser les ressources énergétiques spécifiques à l'Algérie, notamment le gaz naturel, le pétrole, l'énergie solaire, ainsi que leur rôle stratégique dans l'économie et leur potentiel pour la transition énergétique.
- **Examen des Formes d'Énergie et des Processus de Conversion** : Comprendre les différentes formes d'énergie (mécanique, thermique, électrique, chimique) et les technologies permettant leur conversion (moteurs thermiques, turbines, générateurs, batteries, etc.).
- **Analyse des Solutions de Stockage d'Énergie** : Étudier les technologies de stockage (batteries, pompage hydraulique, hydrogène, air comprimé...) et leur rôle dans l'équilibrage de l'offre et de la demande, notamment en lien avec les énergies renouvelables.
- **Discussion sur l'Efficacité Énergétique et la Conservation** : Insister sur l'importance de l'efficacité énergétique et des pratiques de conservation pour réduire la consommation globale et les impacts environnementaux associés à la production d'énergie.

# Chapiter 04 : Productions et consommations mondiales d'énergies, réserves et prévisions

## 1. Objectives

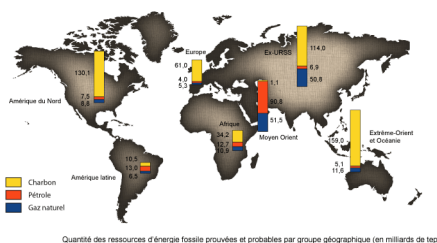
À l'issue de ce chapitre, vous serez capable de :

- **Identifier** les principales sources d'énergie primaire produites et consommées dans le monde.
- **Décrire** les grandes tendances d'évolution de la production et de la consommation énergétique mondiale.
- **Distinguer** les différentes catégories de réserves énergétiques (prouvées, probables, possibles).
- **Analyser** la répartition géographique des principales réserves d'énergies fossiles.
- **Comprendre** les principaux enjeux liés aux prévisions énergétiques mondiales (économiques, géopolitiques, environnementaux).
- **Interpréter** des graphiques et données clés sur la production, la consommation et les réserves d'énergie.

## 2. Introduction

L'énergie est au cœur du fonctionnement de nos sociétés modernes. Comprendre d'où elle provient, comment elle est consommée à l'échelle mondiale, quelles sont les ressources encore disponibles et comment ces paramètres pourraient évoluer est essentiel pour appréhender les défis majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle.

Ce chapitre dresse un panorama global des flux énergétiques mondiaux. Nous analyserons les dynamiques de production et de consommation des différentes sources d'énergie, nous nous pencherons sur l'état des réserves, notamment fossiles, et nous explorerons les différentes prévisions et scénarios pour l'avenir énergétique de la planète. Ces analyses sont cruciales pour comprendre les enjeux économiques, géopolitiques et environnementaux qui y sont liés.



Carte conceptuelle du module

### 3. Pré-acquis

Pour aborder ce chapitre dans de bonnes conditions, il est recommandé de maîtriser les notions suivantes :

- **Différence** entre énergie primaire et énergie secondaire/finale.
- **Connaissance** des principales unités d'énergie (Joule, Wh, TEP - Tonne Équivalent Pétrole) et de puissance (Watt).
- Notions de base sur les différentes filières énergétiques (fossiles, nucléaire, renouvelables) vues dans les chapitres précédents.
- **Compréhension** générale des ordres de grandeur énergétiques.

### 4. Test de Pré-acquis

#### Exercice 1 : Question 01

Quelle est l'unité d'énergie la plus couramment utilisée pour comparer les bilans énergétiques mondiaux ?

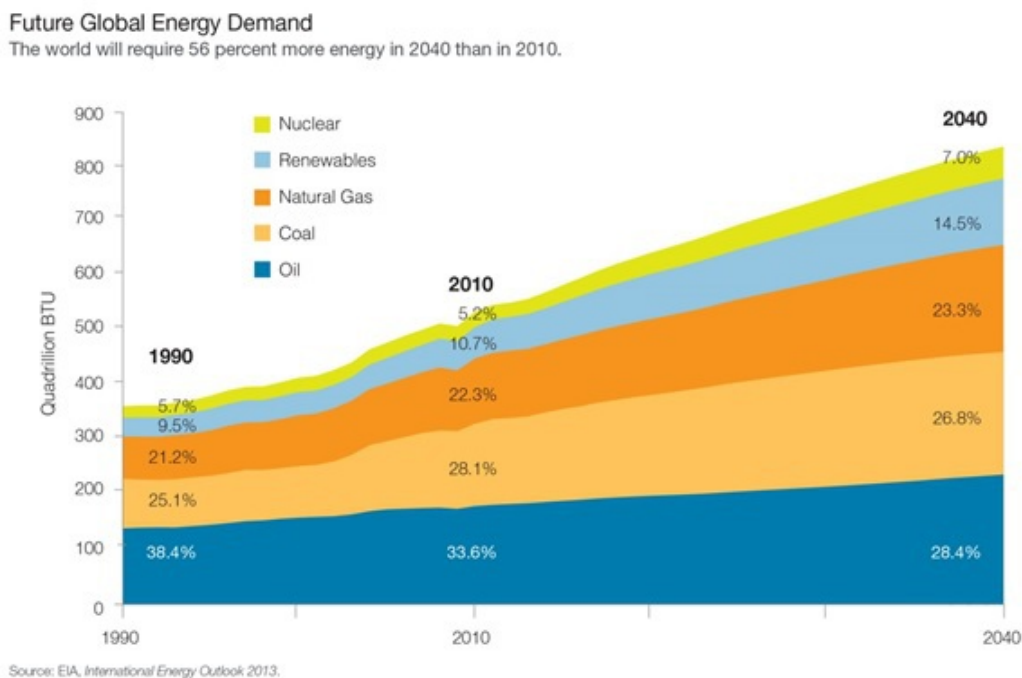
- ☐ Le Joule (J)
- ☐ Le kilowatt-heure (kWh)
- ☒ La Tonne Équivalent Pétrole (TEP) [Correct]
- ☐ Le Watt (W)

#### Exercice 2 : Question 02

L'électricité produite dans une centrale thermique est une énergie primaire.

- ☐ Vrai
- ☐ Faux

## 5. Panorama des productions mondiales



Graphique 1 Demande énergétique globale

La consommation mondiale d'énergie s'accroît d'année en année et les ressources fossiles jouent un rôle irremplaçable dans la couverture des besoins énergétiques. Entre 1950 et 1990, la consommation mondiale d'énergie a quasiment quintuplé. Entre 1900 et 2000 la population mondiale a été multipliée par environ 3.6 alors que la consommation d'énergie a été multipliée par 10

### **Remarque :**

La demande énergétique augmente régulièrement pour deux raisons :

1. L'augmentation de la population mondiale. Il y a, chaque jour, presque 200 000 habitants supplémentaires sur la Terre (plus de 350 000 naissances face à 160 000 décès).
2. La seconde est l'augmentation du niveau de vie des pays en voie de développement

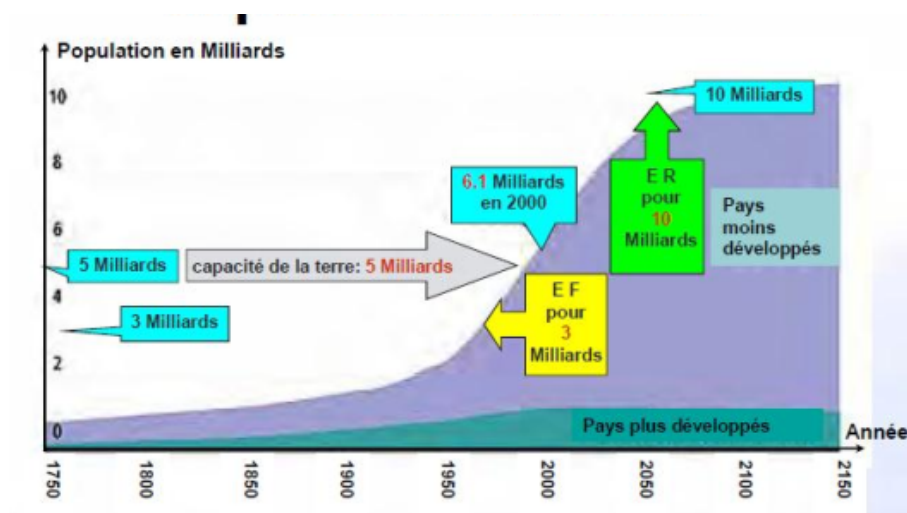
### 5.1. Consommation mondiale de l'Energie

#### **Remarque :**

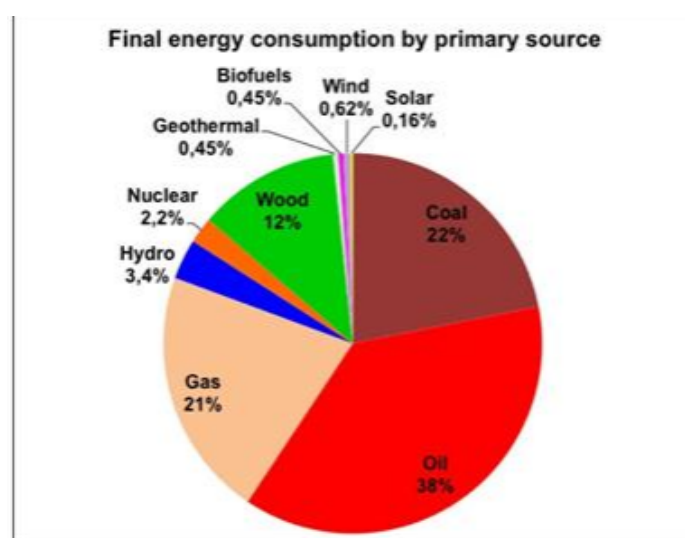
On consomme aujourd'hui en cinq semaines le pétrole que l'on consommait en un an en 1950

Pour ce qui est de l'énergie, le monde actuel repose en grande partie sur les combustibles fossiles. Cela est illustré par la figure en bas qui montre, au niveau mondial pour l'année 2015, la répartition de l'énergie primaire entre les différentes sources d'énergie. On constate que les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) représentent plus de 80 % de cette consommation

Compte tenu de ces deux précédentes contraintes, le défi énergétique du 21ème siècle a deux volets: - réduire les émissions de CO<sub>2</sub>; remplacer progressivement les énergies fossiles par des sources d'énergie renouvelable. Les réserves mondiales prouvées d'énergies non renouvelables (fossiles et uranium) sont estimées à 939 milliards de tonne d'équivalent pétrole (tep), soit 80 ans de production au rythme actuel. Cette durée est très variable selon le type d'énergie: 55 ans pour le pétrole, 110 ans pour le charbon.



Graphique 2



Année 2015

Graphique 3

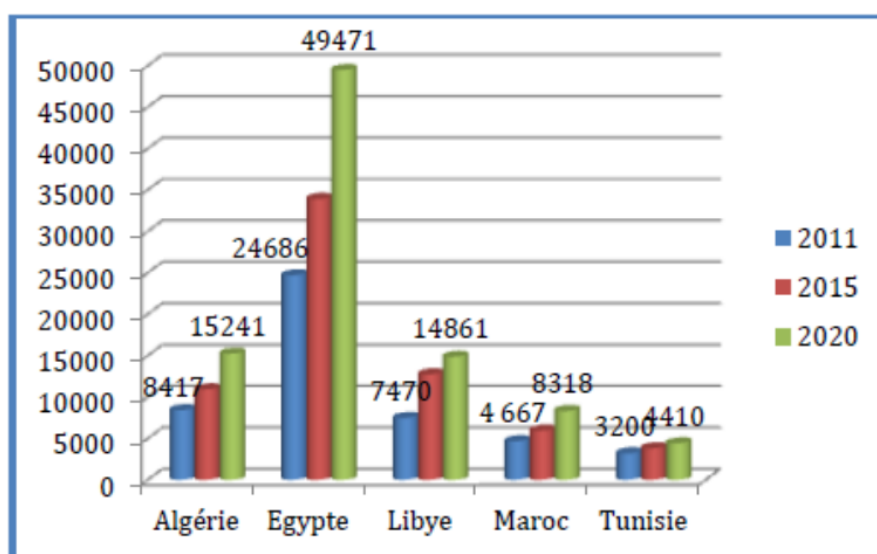


Figure: Evolution de la demande électrique dans le pays de la région

Graphique 4



Depuis la révolution industrielle, la consommation d'énergie n'a cessé d'augmenter. Elle a plus que doublé en quarante ans (de 1973 à 2013). La consommation énergétique mondiale (énergie primaire) était en 2012, selon l'Agence internationale de l'énergie de 13.37 milliards de tep (6.1 en 1973), pour une production énergétique mondiale (énergie primaire) de 13.5 milliards de tep (6.2 en 1973). 81.7 % de cette production provenait de la combustion d'énergies fossiles.

(cf. Consommation d'énergie)

Secteur	Consommation finale 1990	Part dans la consommation	Consommation finale 2012	Variation consommation 2012/1990	Part dans la consommation
Industrie	1814	29%	2541	+40 %	28 %
Transport	1581	25%	2507	+59%	28%
Résidentiel	1533	24%	2076	+35%	23%
Tertiaire	458	7%	723	+58%	8%
Agriculture + pêche	170	3%	194	+14%	2%
Non spécifié	261	4%	130	50%	1%
Usages non énergétiques	478	8%	809	+69%	9%
<b>Total</b>	<b>6293</b>	<b>100%</b>	<b>8979</b>	<b>+43%</b>	<b>100 %</b>

*Consommation finale d'énergie par secteur*

## 6. Production annuelle énergétique mondiale

La production mondiale d'énergie commercialisée était en 2014, selon BP, de 13 045 Mtep, en progression de 46 % depuis 1998; elle se répartissait en 32.4 % de pétrole, 30.1 % de charbon, 24 % de gaz naturel, 4.4 % de nucléaire et 9 % d'énergies renouvelables (hydroélectricité 6.7 %, éolien 1.2 %, biomasse et géothermie 0.8 %, solaire 0.3 %). Cette statistique comprend les énergies renouvelables utilisées pour la production d'électricité, mais pas celles utilisées directement pour des usages thermiques (bois, bio-carburants, pompe à chaleur géothermique, chauffe-eau solaire, ...) ni celles qui sont autoconsommées.

Énergie	Production en 1998	Production en 2014	Production en 2014 en Mtep	Variation 2014/1998	Part dans la production
Pétrole	73 538 kbbl/j	88 673 kbbl/j	4 221	21 %	32,4 %
Gaz naturel	2 273 Gm <sup>3</sup>	3 461 Gm <sup>3</sup>	3 127	52 %	24,0%
Charbon	2 227 Mtep	3 933 Mtep	3 933	77 %	30,1 %
Nucléaire	2 431 TWh	2 537 TWh	574	4 %	4,4%
Hydraulique	2 607 TWh	3 885 TWh	879	49 %	6,7 %
Eolien	16 TWh	706 TWh	160	4312 %	1,2 %
Solaire photovoltaïque	0,8 TWh	186 TWh	42	23150 %	0,3 %
Géothermie, Biomasse, etc	179 TWh	509 TWh	109	184 %	0,8 %
<b>Total</b>	<b>8 958 Mtep</b>	<b>13 045</b>		<b>46%</b>	<b>100 %</b>

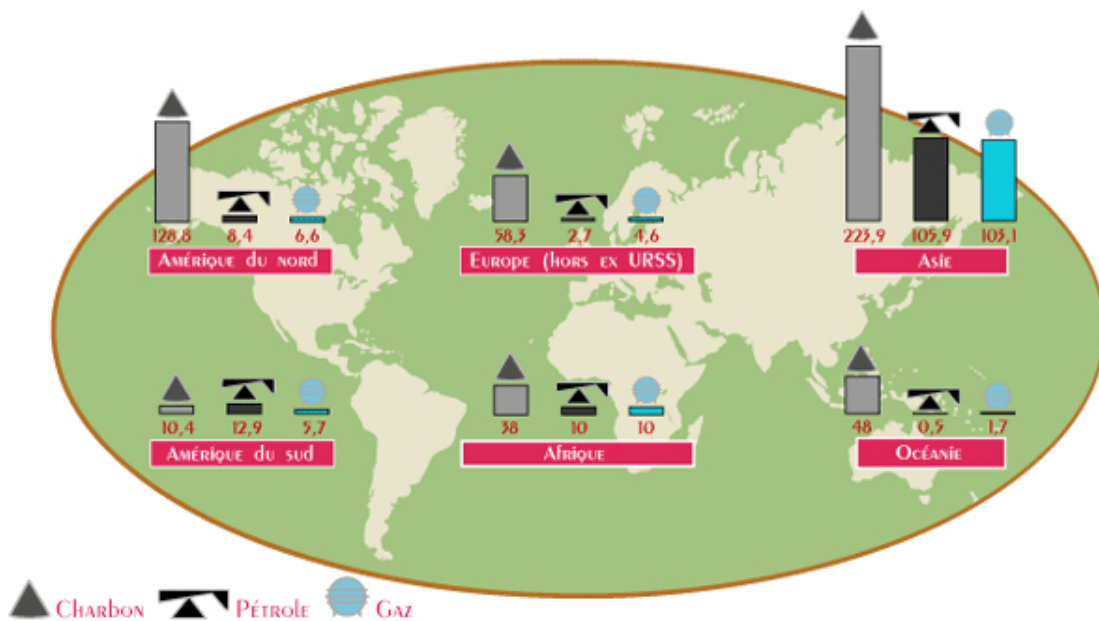
*Production énergétique mondiale*

## 7. Les réserves énergétiques

### **Définition :**

Les **réserves énergétiques** désignent les **quantités estimées** de sources d'énergie primaire (principalement les combustibles fossiles comme le pétrole, le gaz naturel, le charbon, ainsi que l'uranium pour le nucléaire) qui sont :

1. **Identifiées géologiquement:** Leur présence et leur localisation sont connues avec un certain degré de certitude grâce à des explorations et des études géologiques.
2. **Techniquement Récupérables:** Elles peuvent être extraites du sol ou du sous-sol en utilisant les technologies **actuellement disponibles**.
3. **Économiquement Exploitable:** Leur extraction, leur traitement et leur transport sont considérés comme **rentables** dans les conditions économiques **actuelles** (prix de l'énergie, coûts d'extraction).



Graphique 5 Carte des réserves mondiales d'énergies fossiles

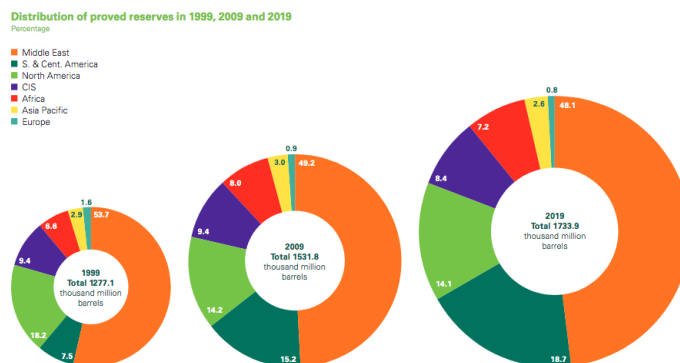
Les **ressources de combustibles fossiles**, c'est-à-dire le charbon, le pétrole, le gaz naturel, y compris sous les formes non conventionnelles (comme les pétroles lourds et gaz de schistes) sont estimées très approximativement à **12 000 Gtep**, et pour plus de 90% il s'agit de charbon sous ses différentes formes.<sup>1</sup>

Les **réserves prouvées**, techniquement et économiquement accessibles sont d'environ **1 000 Gtep**, soit 242 Gtep de pétrole, 190 Gtep de gaz et 568 Gtep de charbon

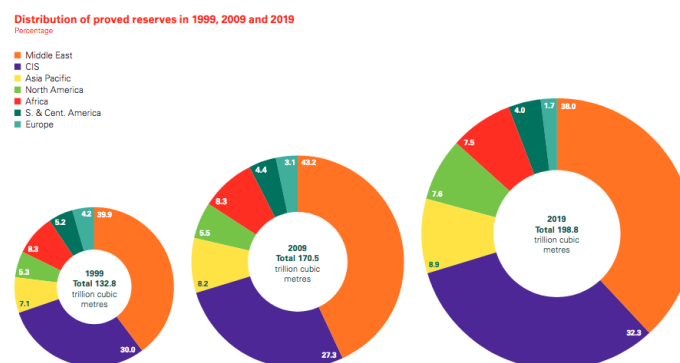
Les graphiques suivants représentent les évolutions du rapport réserve sur production du pétrole, du gaz naturel et du charbon pour différentes régions du monde ainsi qu'au niveau global (en gris). La valeur de R/P, en ordonnée, est donc donnée en années. Les figures renseignent sur la valeur de ce rapport par région du monde en 2019, et de 1989 à 2019 (les années sont seulement notées à l'aide des deux derniers chiffres).

Figure 2, on voit que rapport R/P du pétrole en Amérique du Nord en 2019 était de presque 30 ans. Le rapport R/P mondial du pétrole a peu fluctué durant ces 30 dernières années (courbe grise), en 2019 il était estimé à environ 50 années.

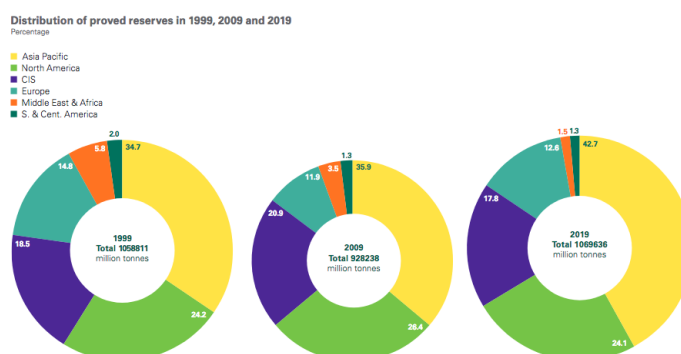
1. <https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/chiffres-energie-ressources-reserves.xml#R1>



Graphique 6 Répartition des réserves prouvées de pétrole (en milliards de barils) en 1999, 2009 et 2019



Graphique 7 Répartition des réserves prouvées de gaz naturel (en milliards de mètres cubes) en 1999, 2009 et 2019



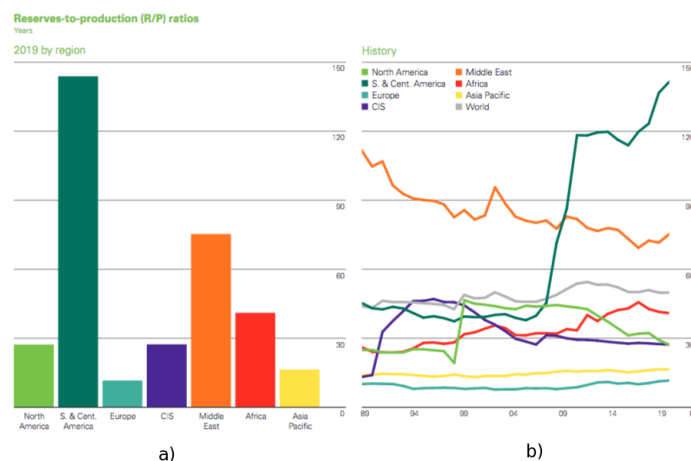
Graphique 8 Répartition des réserves prouvées de charbon (en milliards de tonnes) en 1999, 2009 et 2019

On constate, qu'à la différence des réserves de pétrole et de gaz naturel, les réserves prouvées de charbon sont restées à peu près constantes depuis 1999.

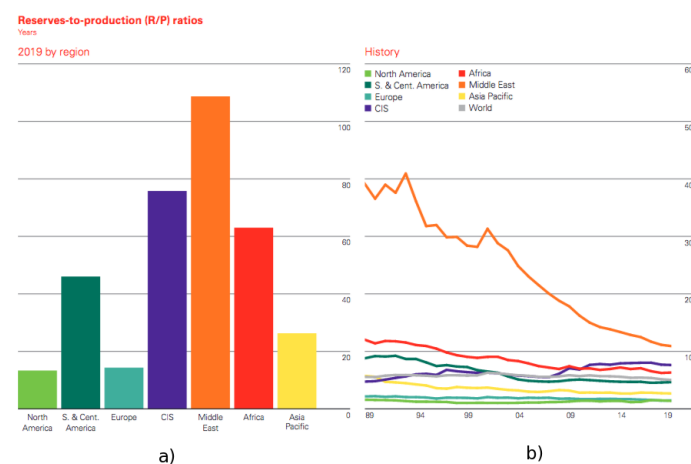
Dans tous les cas, les réserves restent encore relativement en-deçà des ressources et c'est bien le problème vis-à-vis du dérèglement climatique. En effet, les risques à craindre ne résident plus, comme on l'a longtemps entendu, dans la pénurie de combustibles fossiles (notamment le pétrole), mais dans leur abondance qui constitue la plus grande menace pour le climat.

Les **ressources en uranium fissible** étaient estimées à 240 Gtep en 2017 (sur la base de la fission de l'isotope 235, contenu dans l'uranium naturel, dans les réacteurs actuels, par exemple type EPR). Quand aux réserves d'uranium, elles sont définies de façon plus probabiliste que celles de combustibles fossiles, elles sont actuellement estimées à environ 75 Gtep (calculées sur la base de 6,1 Mtonnes  $U_{nat}$ )

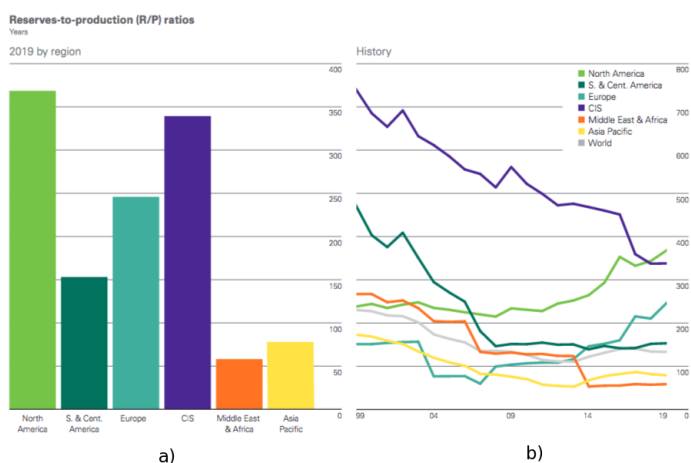
L'évolution des réserves raisonnablement assurées en uranium est à mettre en perspective avec les techniques d'exploration et leurs coûts (moins de 130 ou moins de 260\$/kg).



Graphique 9 a) Rapport R/P du pétrole par région en 2019, b) historique de son évolution de 1989 à 2019 (en années).

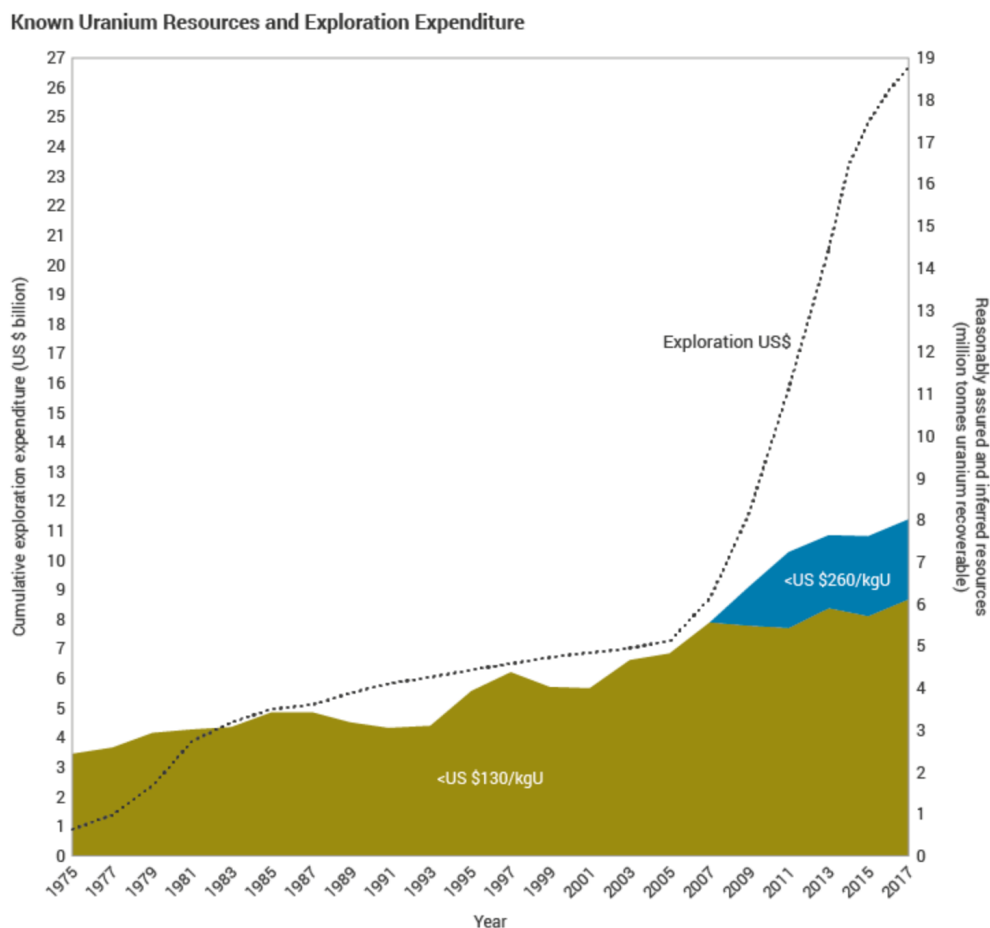


Graphique 10 a) Rapport R/P du gaz naturel par région en 2019, b) historique de son évolution de 1989 à 2019 (en années)



Graphique 11 Rapport R/P du charbon par région en 2019 et historique de son évolution de 1989 à 2019

On note à partir de 2005, une forte croissance des dépenses d'exploration (courbe en pointillé noir) et du prix (130 à 260\$/kg) sans pour autant augmenter les réserves de façon importante (environ +25%)



Graphique 4 Réserves connues d'uranium et dépenses d'exploration (pointillé noir) de 1975 à 2017

## 8. Test du Chapitre 04

### Exercice 1 : Question 01

Parmi les sources suivantes, lesquelles représentent aujourd'hui les principales sources de production d'énergie primaire à l'échelle mondiale ?

- ☐ Énergie marémotrice
- ☐ Charbon
- ☐ Pétrole
- ☐ Hydrogène
- ☐ Gaz naturel
- ☐ Énergie solaire

### Exercice 2 : Question 02

Indiquez si chaque affirmation suivante est **vraie** ou **fausse**.

C'est l'Union européenne et récemment le Japon ou la Corée du Sud qui figurent parmi les principaux importateurs de GNL. La Chine est en forte croissance mais n'est pas systématiquement numéro 1 pour tous les types de gaz.

L'Afrique a une consommation d'énergie par habitant nettement inférieure à celle de l'Europe.

Le charbon dispose des réserves les plus importantes si l'on considère le rapport entre réserves prouvées et rythme actuel de consommation.

Le Moyen-Orient concentre environ 48 % des réserves prouvées de pétrole, principalement en Arabie Saoudite, Iran, Irak, etc.

Vrai	Faux

### Exercice 3 : Question 03

Compléter le texte suivant

Les prévisions indiquent une transformation profonde du mix énergétique mondial. Si la part des énergies renouvelables atteint 45 % d'ici 2050, cela impliquera des choix politiques ambitieux, comme la mise en place de [ ] de décarbonation, de subventions pour les énergies propres, et de taxation du carbone. Sur le plan économique, cette transition nécessitera de grands investissements dans les infrastructures (réseaux, stockage, production verte) et entraînera une transformation du marché du travail, avec l'émergence de nouveaux métiers liés à l'énergie [ ]. Environnementalement, cette évolution est cruciale pour limiter le [ ]. Enfin, l'innovation technologique (batteries, hydrogène, captage du CO<sub>2</sub>) sera un levier essentiel pour atteindre ces objectifs sans compromettre la croissance [ ] prévue.

# Crédits des ressources

**Carte conceptuelle du module** p. 5

*Attribution - Dr. Oussama Kheiredine Nehar*

**Consommation d'énergie** p. 9

*Attribution - JoyezSVT (YouTube)<sup>2</sup>*

**Consommation finale d'énergie par secteur** p. 9

*Attribution*

**Production énergétique mondiale** p. 9

*Attribution*

**Carte des réserves mondiales d'énergies fossiles** p. 10

*Google*

**Répartition des réserves prouvées de pétrole (en milliards de barils) en 1999, 2009 et 2019** p. 11

*Attribution - BP Statistical Review of World Energy, 2020*

**Répartition des réserves prouvées de gaz naturel (en milliards de mètres cubes) en 1999, 2009 et 2019** p. 11

*Attribution - BP Statistical Review of World Energy, 2020*

**Répartition des réserves prouvées de charbon (en milliards de tonnes) en 1999, 2009 et 2019** p. 11

*Attribution - BP Statistical Review of World Energy, 2020*

**a) Rapport R/P du pétrole par région en 2019, b) historique de son évolution de 1989 à 2019 (en années).** p. 12

*Attribution - BP Statistical Review of World Energy, 2020*

**a) Rapport R/P du gaz naturel par région en 2019, b) historique de son évolution de 1989 à 2019 (en années)** p. 12

*Attribution - Source : BP Statistical Review of World Energy, 2020,*

**Rapport R/P du charbon par région en 2019 et historique de son évolution de 1989 à 2019** p. 12

*Attribution - BP Statistical Review of World Energy, 2020,*

**Réserves connues d'uranium et dépenses d'exploration (pointillé noir) de 1975 à 2017** p. 13

*Attribution - World Nuclear Association,*

---

<sup>2</sup> <https://www.youtube.com/@JoyezSVT>

# Mentions légales

Feel free to share it, it free as in freedom



