

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE

Energy handbook

édition
2018

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE 2018

La version 2018 du livret “ Mémento sur l'énergie ” que vous avez entre les mains contient un ensemble de notions et de données technico-économiques indispensables pour comprendre les problèmes inhérents à toute politique énergétique.

Le livret “ Elecnucl ” donne un panorama complet des centrales nucléaires passées, présentes ou en construction dans le Monde.

Si chaque ouvrage se suffit à lui même, l'ensemble a pour ambition de constituer, dans un format pratique, une sélection relativement complète de données de base utiles tant au professionnel qu'à toute personne intéressée, à un titre ou un autre, aux problèmes énergétiques.

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE est disponible et
téléchargeable en PDF
sur le site www.cea.fr

Si vous souhaitez télécharger les mises à jour
en consultant le site web CEA et ne plus recevoir la
version imprimée, merci de vous désabonner.

Si vous désirez recevoir régulièrement
les mises à jour de ce document imprimé,
merci de renseigner le bulletin d'abonnement en
ligne sur le site www.cea.fr - Espace Editions du CEA

*Si vous avez des remarques ou des suggestions, adressez-vous à :
If you have some remarks and suggestions, send your request to:*

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEA Saclay
Institut de technico-économie des systèmes énergétiques
Direction des analyses stratégiques
Bâtiment 524
91191 Gif-sur-Yvette cedex

E-mail : itese@cea.fr

Principaux messages issus de ce panorama énergétique mondial

- 1 - Les réserves prouvées mondiales en pétrole représentent 50,2 fois la production mondiale annuelle de 2017, celles en gaz 52,6 fois et celles en charbon 134 fois la production de 2017 (page 11).
- 2 - Evolution des besoins en énergie primaire : croissance de 1,2 %/an en moyenne dans le monde ces dernières années (2000-2016) – avec des disparités (2,6 % en Inde, 2,8 % au moyen orient, 3,7 % en Chine) mais une stabilisation dans l'Union européenne et aux Etats-Unis (-0,2%) (page 18). Selon le scénario central développé par l'AIE dans le WEO 2017, la croissance de la demande primaire en énergie se prolongerait pour passer de 10 Mds de tep en 2000, à 15 Mds de tep en 2025 et à 17,8 Mds de tep en 2040 (page 19).
- 3 - Mix énergétique mondial en 2015 (page 21) : domination encore très forte des combustibles fossiles dans la consommation finale d'énergie (67 % dont 41 % pour le seul pétrole). Le gaz naturel et l'électricité à hauteur respectivement de 15 et 19 % devancent la biomasse (11 %) et le charbon (11 %). En 2040, le WEO 2017 retient dans son scénario central (New Policies) une sensible réduction de la part du charbon (9 %) et du pétrole (36 %) en faveur du gaz et de l'électricité (18 % et 23 % respectivement).
- 4 - Consommation d'électricité en 2016 (page 17) : la consommation par habitant se stabilise en Europe à 6 MWh/an et aux Etats-Unis à 12,8 MWh/an. Elle reste très faible en Afrique (0,6 MWh/an), mais augmente sensiblement en Chine (4,3 MWh/an). Dans son scénario central (New Policies), le WEO 2017 prévoit une demande en électricité mondiale de l'ordre de 34 500 TWh/an en 2040 contre 21 400 TWh en 2016.
- 5 - Part des énergies dans la production mondiale d'électricité en 2016 (page 34) : le charbon régresse sensiblement mais reste largement dominant (soit 38,3 % contre 39 % en 2015) ; le gaz naturel et l'hydraulique progressent (23,1 % et 16,6 % contre 22,9 % et 16 % en 2015). Le nucléaire se stabilise autour de 10,4 %. Les énergies renouvelables (PV, éolien et marines) représentent 5,6 % de la production électrique en 2016 et la biomasse 2,3 %.
- 6 - Evolution de la demande électrique mondiale à l'horizon 2040 (page 36) : le scénario central du WEO 2017 (New Policies) prévoit une forte réduction des parts du charbon et du pétrole (26 % et 1 %). En absolu la production électrique à partir de charbon augmenterait (10 100 TWh contre 9 300 TWh en 2016). Celle à partir de pétrole serait divisée par 2 à l'horizon 2040 (500 TWh contre 1 000 TWh) et celle à partir de gaz augmenterait d'un facteur 1,5 (9 200 TWh contre 5 900 TWh). Les parts de l'hydraulique et du nucléaire se stabiliseraient (16 % et 10 %). Soit une production en absolu en augmentation : 6 200 TWh contre 4 000 TWh pour l'hydraulique et 3 850 TWh contre 2 600 TWh pour le nucléaire. La part de l'éolien et celle du solaire augmenteraient (11 % et 8,6 %) avec une production multipliée par 4 pour l'éolien (4 300 TWh contre 980 TWh) et multipliée par 10 pour le PV (3 200 TWh en 2040 contre 300 TWh en 2016).
- 7 - Capacités électriques bas carbone installées dans le monde (pages 12 et 32) : les capacités nucléaires en 2016 s'élèvent à 413 GW. Les capacités hydrauliques se stabilisent à plus de 1 200 GW. Les capacités PV atteignent 400 GWc en 2017 contre 300 GWc en 2016 et les capacités éoliennes sont de 540 GWe en 2017, contre 470 GWe en 2016. Les perspectives de nouvelles installations seront très élevées pour répondre à la demande qui double quasiment en Chine et en Inde et est presque multipliée par 3 en Afrique à l'horizon 2040. Les investissements cumulés de 2018 à 2040 dans le monde s'élèveraient à 1 100 Mds de dollars dans le nucléaire et à près de 8 000 Mds de dollars dans le secteur des énergies renouvelables.
- 8 - Emissions de CO₂ (page 70) : le secteur de la production d'énergie contribue majoritairement aux émissions de CO₂ dans le monde en 2016 et 2017 (13 et 14 Mds tCO₂e), devant le secteur du transport (8 Mds tCO₂e), celui de l'industrie (6 Mds tCO₂e) et celui du bâtiment (3 Mds tCO₂e). Dans le scénario central du World Energy Outlook (New Policies), les émissions liées à la production d'énergie dans le monde en 2040 pourraient être maintenues à 14 Mds tCO₂e. Les émissions liées au transport devraient augmenter à 10 Mds tCO₂e et celles de l'industrie à 7 Mds tCO₂e. Les émissions du secteur du bâtiment pourraient être maintenues à 3 Mds tCO₂e.
- 9 - Prix des énergies (page 80) : en 2016, les cours moyens internationaux du pétrole (44 \$/bl) et du gaz (14,4 €/MWh) sont divisés par 2 par rapport à ceux de 2012. Ils remontent en 2017 à 54 \$/bl et 18 €/MWh. Le prix moyen à l'importation du pétrole brut sur le premier semestre 2018 remonte à 72 \$/bl, contre 56 \$/bl en moyenne sur 2017. Le prix de l'uranium en contrat à long terme (98 % des contrats de l'UE) et sur le marché spot a légèrement diminué depuis 2015.

Début 2018, le prix moyen TTC de l'électricité facturé pour les industries de taille moyenne dans l'Union européenne était de 149 €/MWh (117 €/MWh en France) et pour les particuliers 205 €/MWh (175 €/MWh en France) (pages 77 et 78).

SOMMAIRE

pages

| | |
|---|----------|
| ÉNERGIE - UNITÉS ET FACTEURS DE CONVERSION | |
| RESSOURCES, CONSOMMATION ET PRODUCTION | 5 |
| RESOURCES, CONSUMPTION AND PRODUCTION | |
| TABLEAUX DE CONVERSION | |
| Principales unités d'énergie | 6 |
| Main energy units | |
| Principales unités de puissance | 6 |
| Main power units | |
| Unités de volume métriques et anglo-saxonnes | 6 |
| Anglo-saxon and metric units conversion | |
| Unités usuelles pour l'uranium | 7 |
| Common units for uranium | |
| Table de conversion pour les composés de l'uranium | 7 |
| Conversion table for uranium compounds | |
| Pouvoir calorifique inférieur des charbons | 8 |
| Lower calorific value for coals | |
| Pouvoir calorifique moyen du bois (PCI) | 8 |
| Comparaison biocarburant - carburant d'origine pétrolière | 8 |
| Données de base sur l'hydrogène | 8 |
| Basic data about hydrogen | |
| France : comptabilité de l'énergie primaire | 9 |
| France: primary energy accountancy | |
| Équivalence énergétique de l'uranium naturel | 10 |
| Energy equivalence for natural Uranium | |
| Équivalence énergétique des combustibles fossiles | 10 |
| Energy equivalence for fossil fuels | |
| RESSOURCES | |
| Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2017 | 11 |
| World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2017 | |
| Monde : réserves d'uranium les plus importantes | 12 |
| World: most important uranium reserves | |
| Evolution des capacités électriques d'origine renouvelable dans le Monde | 12 |
| Renewable world capacity evolution | |
| Europe : capacité installée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE | 13 |
| Europe: electricity production and installed capacity from wind and photovoltaic in the EU | |
| Europe : puissance éolienne offshore connectée dans les pays de l'UE | 14 |
| Europe: installed capacity for offshore wind power in the EU countries | |
| Potentiels de biomasses en France | 14 |
| Description de la forêt en France | 15 |
| Usage du bois | 15 |
| Production OCDE de biocarburants - projection 2020 | 15 |
| CONSOMMATION | |
| Scénario d'évolution de la population mondiale | 15 |
| Scenario of evolution of world population | |
| Monde : données générales pour 2016 | 16 |
| World: general data for 2016 | |
| Monde : approvisionnement total en énergie primaire | 18 |
| World: total primary energy supply | |
| Monde : demande en énergie primaire, scénario central du WEO 2017 (New Policies Scenario) | 19 |
| World: primary energy demand by region in the central scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario) | |
| Monde : consommation finale d'énergie en 2016 | 20 |
| World: final consumption of energy for 2016 | |
| Monde : consommation finale d'énergie, scénario central du WEO 2017 (New Policies Scenario, politiques actuelles en vigueur et également mise en place des mesures plus ambitieuses annoncées) | 21 |
| World: final consumption of energy in the central scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario, in addition to incorporating policies already put in place, it also takes into account the effect of announced policies) | |
| Monde : consommation finale d'énergie, Scénario Politiques Actuelles du WEO 2017 (sans mise en place des nouvelles mesures annoncées) | 22 |
| World: final consumption of energy in the Current Policies Scenario of WEO 2017 (provides a cautious assessment of where existing policies might lead the energy sector) | |

| | |
|--|-----------|
| Europe : données générales pour 2016 | 23 |
| Europe: general data for 2016 | |
| Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2017 | 25 |
| Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2017 | |
| Consommation d'électricité par habitant | 26 |
| Energy consumption per head | |
| Consommation finale d'énergie par unité de PIB | 26 |
| Final energy consumption per GDP unit | |
| France Métropole (et DOM) : consommation d'énergie primaire par énergie | 27 |
| France: primary energy consumption by energy | |
| France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie | 27 |
| France: final energy consumption (corrected for climate) by energy | |
| France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par secteur | 28 |
| France: final energy consumption (corrected for climate) by sector | |
| France : deux scénarios retenus dans le cadre du DNTE (Débat national sur la transition énergétique) | 28 |
| France: two retained scenarios in the DNTE context (National debate on energetic transition) | |
| France : bilans électriques 1950 à 2017 | 29 |
| France: electricity balances 1950 to 2017 | |
| France : bilan de l'énergie en 2017- Données réelles | 30 |
| France: energy balance for 2017 | |
| France : type d'énergie consommée par secteur en 2016 | 31 |
| France: energy by sector 2016 | |
| PRODUCTION | |
| Monde : capacités électriques installées en 2016 | 32 |
| World: 2016 electricity installed capacities | |
| Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2017 | 33 |
| Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2017 | |
| Monde : production d'électricité par source en 2015 | 34 |
| World: electricity generation by fuel for 2015 | |
| Monde : production d'électricité | 35 |
| World: electricity generation | |
| Monde : demande en électricité, scénario central du WEO 2017 (New Policies, mise en place des politiques annoncées) | 36 |
| World: electricity demand in the reference scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario) | |
| Europe : évolution de la production électrique | 37 |
| Europe: evolution of electricity generation | |
| Europe : part de l'énergie produite à partir des sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2014, 2016 et objectifs 2020 | 38 |
| Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2015, 2016 and national overall targets in 2020 | |
| Sources de chaleur utilisées dans le secteur résidentiel en Europe | 39 |
| Heating sources in residential buildings | |
| Sources de chaleur fournies aux réseaux de chaleur de l'Union européenne en 2014 | 39 |
| Heath supply into all DH systems in the EU according to four heat supply methods in 2014 | |
| France : production primaire d'énergies renouvelables | 39 |
| France: renewable energy production | |
| France : capacités et production électrique | 40 |
| France: electricity capacities and production | |
| France : échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2017 | 41 |
| France: cross-border contractual electricity exchanges in 2017 | |
| Puissances maximales appelées par le réseau en France | 41 |
| Peak load demand of the French network | |
| ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONUCLÉAIRE | 42 |
| Electricity and nuclear power | |
| Principales caractéristiques des filières électronucléaires | 43 |
| Main characteristics of nuclear reactor types | |
| GESTION DU COMBUSTIBLE | |
| France : caractéristiques des REP 900, 1300, 1450 MWe | 44 |
| France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's | |
| Parc électronucléaire français au 01/01/2017 | 45 |
| Nuclear power plants in France - Status as of 2017/01/01 | |

| | |
|---|-----------|
| France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP | 46 |
| France: Uranium and fuel cycle services requirements | |
| Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides | 47 |
| Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides | 47 |
| The fast neutron reactor as an actinide incinerator | |
| CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE | |
| Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF | 48 |
| Cycle simplifié du combustible nucléaire en France | 49 |
| Monde : besoins en uranium | 50 |
| World: Uranium requirements | |
| Définition de l'UTS | 50 |
| Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium | 50 |
| World: Uranium enrichment capacity | |
| Quantité d'uranium naturel et unités de travail de séparation nécessaires pour obtenir 1 kg d'uranium enrichi à un taux donné en fonction de la teneur en rejet | 50 |
| Natural Uranium and separative work units required to obtain 1 kg of enriched Uranium at a given yield as a function of the depletion yield | |
| Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium | 51 |
| Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE | 51 |
| Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries | |
| Usines de traitement des combustibles usés | 51 |
| Used fuel reprocessing units | |
| Les déchets produits en France | 52 |
| Classification des déchets | 52 |
| Waste classification | |
| La gestion des déchets radioactifs | 54 |
| Principaux éléments contenus dans les combustibles usés | 55 |
| Main elements comprised in used fuel | |
| Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1000 MWe | 56 |
| Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit | |
| Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1000 MWe | 56 |
| Waste generated annually by reprocessing the fuel of a 1000 MWe PWR unit | |
| Effluents et déchets produits en 1996 par les centrales nucléaires en France | 56 |
| Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996 | |
| Volumes de résidus générés dans UP3 | 57 |
| Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant | |
| INFORMATIONS GÉNÉRALES | 58 |
| Generalities | |
| L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS | |
| Quelques définitions | 59 |
| Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants | 60 |
| Physical units for ionizing radiation | |
| Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période | 60 |
| Radioactive decay, mean life, half life | |
| Périodes effectives de quelques corps radioactifs | 61 |
| Effective half life for some radioelements | |
| Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants | |
| Radiation ionizing stopping power | 61 |
| Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles) | 62 |
| Ionizing radiation exposure in France (other than occupational) | |
| Expositions aux rayonnements ionisants de la population en France | 62 |
| Le radon | 63 |
| Carte des activités volumiques du radon dans les habitations en France | 63 |
| Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation | 64 |
| World average exposure from natural sources | |
| L'activité radioactive, exemples | 65 |
| Examples of natural or human generated activity | |
| RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE | |
| Institutions internationales | 66 |
| Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire | 66 |
| L'Autorité de sûreté | 66 |

| | |
|---|----|
| Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France | 66 |
| Classement des incidents : échelle INES | 67 |
| Structure fondamentale de l'échelle INES | 67 |
| ENVIRONNEMENT | |
| Qu'est-ce que l'effet de serre ? | 68 |
| Évolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps (GIEC 2007) | 68 |
| History of Greenhouse gas atmospheric rate | |
| Anomalies de la température moyenne globale annuelle de l'air à la surface terrestre relatives au climat de la période 1961-1990 ; valeurs issues des dernières versions de 4 jeux de données différents (Berkeley, CRUTEM, GHCN et GISS) | 69 |
| Global annual average land-surface air temperature (LSAT) anomalies relative to a 1961-1990 climatology from the latest versions of four different data sets (Berkeley, CRUTEM, GHCN and GISS) | |
| Augmentation de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre par rapport au niveau pré-industriel | 69 |
| Global average Earth's surface temperature increasing compared to pre-industrial level | |
| Caractéristiques principales des RCP | 69 |
| Emissions de CO ₂ dans le monde - New Policies Scenario (prise en compte des politiques actuelles et mise en place des mesures plus ambitieuses annoncées) | 70 |
| World CO₂ emissions - New Policies Scenario | |
| Emissions types de la production électrique en France | 71 |
| Principaux événements sur les changements climatiques | 72 |
| Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE28 vis-à-vis des engagements de Kyoto | 73 |
| Situation of Greenhouse gas emissions for European Union (28) countries towards Kyoto Protocol | |
| Monde : évolution des émissions de CO ₂ liées à la combustion | 74 |
| World: evolution of CO₂ emissions from fuel combustion | |
| Monde : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles | 75 |
| World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels | |
| Monde : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles | 76 |
| World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels | |
| Principaux gaz à effet de serre | 76 |
| Main Greenhouse gases | |
| DONNÉES ÉCONOMIQUES | |
| Prix de l'électricité pour client résidentiel, toutes taxes et prélèvements compris | 77 |
| Prix de l'électricité pour client industriel de taille moyenne | 78 |
| France : Contribution Climat Energie ou taxe Carbone | 78 |
| Exemples de prix moyens des énergies en France | 79 |
| Examples of average prices of energy in France | |
| France : prix de l'uranium (moyenne zone Euratom) | 80 |
| France: Uranium prices (Euratom average) | |
| France : prix CAF des énergies importées | 80 |
| France: CIF prices of imported energies | |
| GÉNÉRALITÉS | |
| Tableau de Mendeleïev | 81 |
| Symboles, éléments et isotopes | 82 |
| Caractéristiques des particules élémentaires | 83 |
| Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes | 84 |
| Préfixes des multiples et sous-multiples décimaux des unités du Système international | 88 |
| Unités de mesure anglosaxonnes | 88 |
| Constantes physiques fondamentales | 89 |
| LE CEA - PRÉSENTATION | |
| Organigramme du CEA | 90 |
| Pour plus d'informations sur le CEA | 93 |
| Pour plus d'informations sur le nucléaire | 94 |
| Pour plus d'informations sur l'énergie | 95 |
| Glossaire | 96 |
| | 98 |

ÉNERGIE

UNITÉS ET FACTEURS DE CONVERSION
RESSOURCES, CONSOMMATION
ET PRODUCTION

RESOURCES, CONSUMPTION AND PRODUCTION

TABLEAUX DE CONVERSION

Principales unités d'énergie

Main energy units

| | Abréviation | Joule ⁽¹⁾ | Thermie ⁽²⁾ | British Thermal Unit ⁽³⁾ | Kilowatt-heure |
|------------------------|-------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| 1 joule | J | 1 | $2,389.10^{-7}$ | $9,479.10^{-4}$ | $2,778.10^{-7}$ |
| 1 thermie | th | $4,186.10^6$ | 1 | $3,968.10^{-3}$ | 1,163 |
| 1 British Thermal Unit | Btu | $1,055.10^3$ | $2,520.10^{-4}$ | 1 | $2,930.10^{-4}$ |
| 1 kilowatt-heure | kWh | $3,600.10^6$ | $8,600.10^{-1}$ | $3,413.10^3$ | 1 |

(1) 1 exajoule (EJ) = 10^{18} J

(2) 1 calorie (Cal) = 10^{-6} th

(3) 1 quad = 10^{15} Btu

Principales unités de puissance

Main power units

| | Erg/sec | Watt | MW | Btu/heure | Cheval vapeur |
|---------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Erg/sec | 1 | 10^{-7} | 10^{-13} | $3,414.10^{-7}$ | $1,3595.10^{-10}$ |
| Watt | 10^7 | 1 | 10^{-6} | 3,414 | $1,3595.10^{-3}$ |
| MW | 10^{13} | 10^6 | 1 | $3,414.10^6$ | $1,3595.10^{+3}$ |
| Btu/heure | $2,929.10^6$ | 0,2929 | $292,9.10^{-9}$ | 1 | $0,3982.10^{-3}$ |
| Cheval vapeur | $7,355.10^9$ | 735,5 | $735,5.10^{-6}$ | 2 511 | 1 |

Unités de volume métriques et anglo-saxonnes

Anglo-saxon and metric units conversion

| | Litre (l) | Mètre cube (m ³) | Petroleum barrel | U.S. gallon | Imperial U.K. gallon | U.S. quart |
|------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-----------------|----------------------|--------------|
| 1 litre | 1 | 10^{-3} | $6,290.10^{-3}$ | $2,642.10^{-1}$ | $2,200.10^{-1}$ | 1,057 |
| 1 mètre cube | $1,000.10^3$ | 1 | 6,290 | $2,642.10^2$ | $2,200.10^2$ | $1,057.10^3$ |
| 1 Petroleum barrel | $1,590.10^2$ | $1,590.10^{-1}$ | 1 | $4,200.10^1$ | $3,497.10^1$ | $1,680.10^2$ |
| 1 U.S. gallon | 3,785 | $3,785.10^{-3}$ | $2,381.10^{-3}$ | 1 | $8,327.10^{-1}$ | 4,000 |
| 1 U.K. imperial gallon | 4,546 | $4,546.10^{-3}$ | $2,860.10^{-2}$ | 1,201 | 1 | 4,804 |
| 1 U.S. quart | $9,463.10^{-1}$ | $9,463.10^{-4}$ | $5,942.10^{-3}$ | $2,500.10^{-1}$ | $2,082.10^{-1}$ | 1 |

Unités usuelles pour l'uranium
Common units for uranium

| | kg U | lb U ₃ O ₈ | Short Ton U ₃ O ₈ |
|---|--------|----------------------------------|---|
| 1 kg U | 1 | 2,5998 | 1,2999.10 ⁻³ |
| 1 lb U ₃ O ₈ | 0,3846 | 1 | 0,5.10 ⁻³ |
| 1 Short Ton U ₃ O ₈ | 769,3 | 2 000 | 1 |

Table de conversion pour les composés de l'uranium
Conversion table for uranium compounds

| | U | UO ₂ | UO ₃ | U ₃ O ₈ | UF ₄ | UF ₆ | UNH ⁽¹⁾ |
|-------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Poids moléculaire | 238,03 | 270,03 | 286,03 | 842,01 | 314,02 | 352,02 | 502,13 |
| U | 1 | 0,881 | 0,832 | 0,848 | 0,758 | 0,676 | 0,474 |
| UO ₂ | 1,134 | 1 | 0,944 | 0,962 | 0,860 | 0,767 | 0,538 |
| UO ₃ | 1,202 | 1,059 | 1 | 1,019 | 0,911 | 0,813 | 0,570 |
| U ₃ O ₈ | 1,179 | 1,040 | 0,981 | 1 | 0,894 | 0,797 | 0,559 |
| UF ₄ | 1,319 | 1,163 | 1,098 | 1,119 | 1 | 0,892 | 0,625 |
| UF ₆ | 1,479 | 1,304 | 1,231 | 1,254 | 1,121 | 1 | 0,701 |
| UNH ⁽¹⁾ | 2,110 | 1,860 | 1,756 | 1,789 | 1,599 | 1,426 | 1 |

(1) Nitrate d'uranyle : UO₂ (NO₃)₂, 6 H₂O

Pouvoir calorifique inférieur des charbons (Thermies/kg)

Lower calorific value for coals

| | | |
|---------------------------|------|---------------------|
| Tourbe | 3,5 | (4,85 en aggloméré) |
| Lignite « fibreux » | 3 | à 3,5 |
| « terreux » | 4,8 | à 5 |
| sec | 4,5 | à 5,5 |
| bitumineux | 6 | à 7 |
| Charbon « Flambant gras » | 5,55 | à 7,75 |
| « Flambant sec » | 5,7 | à 6,65 |
| « Gras » | 6,3 | à 7,7 |
| « Demi-gras » | 6,75 | à 7,7 |
| « Anthracite » | 7,25 | à 7,85 |
| Coke | | 6,6 |

NB : Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur produite par la combustion du charbon. Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) inclut la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau produite par cette combustion. Cette chaleur latente n'étant pas récupérable dans les usages courants, on définit le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui n'en tient pas compte.

Pouvoir calorifique inférieur du bois (PCI)

| | GJ | MWh | Tep |
|---------------------------------|-------|------|------|
| 1 tonne de bois (anhydre) | 18,20 | 5,06 | 0,43 |
| 1 tonne de bois (humidité 50 %) | 7,88 | 2,20 | 0,19 |

Source : FCBA (2018, memento 2018)

Comparaison biocarburant – carburant d'origine pétrolière

Etant donné la différence de PCI :

1 litre d'essence = 1,5 litre d'éthanol

1 litre de diesel = 1,06 litre de biodiesel

Données de base sur l'hydrogène

Basic data about hydrogen

| | | | |
|---------------------------------------|---|---|----------------------------|
| PCI ⁽¹⁾ LHV ⁽¹⁾ | 10,80 MJ/Nm ³ 119,9 MJ/kg | Densité gazeuse à 273K Density at 273K | 0,08988 kg/Nm ³ |
| PCS ⁽²⁾ HHV ⁽²⁾ | 12,77 MJ/Nm ³ 141,9 MJ/kg | | |

(1) Pouvoir calorifique inférieur Low heating value

(2) Pouvoir calorifique supérieur High heating value

Source : AFH2

France : comptabilité de l'énergie primaire

France: primary energy accountancy

En 2002 l'Observatoire de l'énergie a décidé d'adopter la méthode utilisée par les organismes internationaux (AIE, Eurostat...). Cela modifie le coefficient de conversion de l'électricité (de kWh en tonne d'équivalent pétrole) et les soutes maritimes internationales. Since 2002, the French Observatoire de l'énergie decided to adopt the method used by the international organizations (IEA, Eurostat...). This changes the electricity conversion factor (from kWh to ton of oil equivalent) and international marine bunkers.

| Energie ou vecteur Energy or vector | Unité Physical unit | Gigajoules (Gj) (PCI) (NCV) | Tep (PCI) Toe (NCV) |
|--|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Charbon Coal | | | |
| • Houille Hard coal | 1 t | 26 | 26/42 ≈ 0,619 |
| • Coke de houille Coal coke | 1 t | 28 | 28/42 ≈ 0,667 |
| • Agglomérés et briquettes de lignite Lignite briquettes | 1 t | 32 | 32/42 ≈ 0,762 |
| • Lignite et produits de récupération Lignite & recovered products | 1 t | 17 | 17/42 ≈ 0,405 |
| Produits pétroliers Petroleum products | | | |
| • Pétrole brut, gazole/fioul domestique, produits à usages non énergétiques Crude oil, automotive diesel/domestic fuel oil, products for not enegy uses | 1 t | 42 | 1 |
| • GPL LPG | 1 t | 46 | 46/42 ≈ 1,095 |
| • Essences moteur et carburants Automotive gasoline and jet fuel | 1 t | 44 | 44/42 ≈ 1,048 |
| • Fiouls lourds Heavy fuel oil | 1 t | 40 | 40/42 ≈ 0,952 |
| • Coke de pétrole Petroleum coke | 1 t | 32 | 32/42 ≈ 0,762 |
| Gaz naturel et industriel Natural and industrial gas | 1 MWh PCS 1 MWh GCV | 3,24 | 3,24/42 ≈ 0,077 |
| Biocarburants Biofuels | | | |
| Ethanol | 1 t | 26,8 | 26,8/42 ≈ 0,638 |
| Biodiesel (ester méthylique d'acide gras) | 1 t | 36,8 | 36,8/42 ≈ 0,876 |
| Bois Wood | 1 stère | 6,17 | 6,17/42 ≈ 0,147 |
| Vecteur électricité Electricity Vector | | | |
| • Production d'origine nucléaire Nuclear production | 1 MWh | 3,6 | 0,086/0,33 ≈ 0,2606 |
| • Production d'origine géothermique Geothermal production | 1 MWh | 3,6 | 0,086/0,1 ≈ 0,86 |
| • Autres types de production, échanges avec l'étranger et consommation Other types of production, international exchanges, consumption | 1 MWh | 3,6 | 3,6/42 ≈ 0,086 |
| Vecteur Hydrogène Hydrogen Vector | | | |
| 1 kg de H ₂ ≈ 11,126 Nm ³ de H ₂ ≈ 14,13 l de H ₂ (1 Nm ³ = 1 m ³ H ₂ à 0°C et 1 bar) | 1 t | 120,1 | 120,1/42 ≈ 2,86 |

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur NCV: Net Calorific Value

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur GCV: Gross Calorific Value

Source : Observatoire de l'énergie et étude CONCAWE, Commission européenne

Équivalence énergétique de l'uranium naturel

Elle dépend de l'efficacité d'utilisation de l'uranium, c'est-à-dire :

- du taux de rejet de l'uranium appauvri lors de la phase d'enrichissement (plus ce taux est faible, mieux on tire parti de la composante U235). Le choix du taux de rejet résulte d'un compromis entre le prix de l'uranium et celui de l'UTS (unité de travail de séparation, voir p. 50 le chapitre « Cycle du combustible nucléaire ») ;
- du taux de combustion de l'uranium dans les réacteurs ;
- de la réutilisation éventuelle du plutonium généré dans le réacteur et de l'uranium de traitement.

Les valeurs obtenues dans les REP actuels dépassent 10 000 tep par tonne d'uranium naturel pour un taux de rejet de l'ordre de 0,3 % et sans recyclage. Mais l'utilisation optimale de l'uranium naturel passe par la mise en œuvre de la filière rapide qui permet d'exploiter la quasi-totalité de l'uranium naturel. L'équivalence énergétique est alors de l'ordre de 500 000 tep par tonne d'uranium naturel.

Dans les réacteurs à eau actuels et sans recyclage du plutonium, une tonne d'uranium naturel fournit 420 000 GJ, soit 10 000 tep, soit 14 334 tec.

Équivalence énergétique des combustibles fossiles

Energy equivalence for fossil fuels

| | | | |
|---|--------------------------|---|--|
| 1 joule (J) | 0,239 calorie | | |
| 1 calorie (cal) | 4,187 J | | |
| 1 tonne d'équivalent pétrole (tep) PCI * | 41,868 GJ ⁽²⁾ | 1,429 tec | |
| 1 tonne d'équivalent charbon (tec) PCI | 29,3076 GJ | 0,7 tep | |
| 1 000 m ³ de gaz naturel (PCI) | 36 GJ | 0,857 tep | |
| 1 tonne de gaz naturel liquide | 46 GJ | 1,096 tep | |
| 1 000 kWh (énergie primaire) ⁽¹⁾ | 3,6 GJ | 0,086 tep ⁽³⁾ (hydraulique) | 0,26 tep ⁽⁴⁾ (nucléaire) |

* Pouvoir calorifique inférieur - PCI : il se distingue du pouvoir calorifique supérieur (PCS) par la non prise en compte de la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau, laquelle n'est en général pas utilisable dans la pratique.

(1) Pour la conversion d'électricité en tep, voir le tableau précédent.

(2) Plus exactement 41,868 GJ.

(3) 0,0857 tep

(4) 0,260606 tep

RESSOURCES

Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2017

World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2017

| At end 2017 | Anthracite et bitumineux Anthracite & bituminous | Sous-bitumineux et lignite Sub-bituminous & lignite | Total Minéraux solides Coal total | Ratio R/P * Minéraux solides Coal R/P ratio |
|--|---|--|--------------------------------------|---|
| | Millions tonnes Million tons | Millions tonnes Million tons | Millions tonnes Million tons | Années Years |
| Amérique du Nord North America | 226 306 | 32 403 | 258 709 | 335 |
| Amérique centrale et du Sud South and Central America | 8 943 | 5 073 | 14 016 | 141 |
| Total Europe Europe total | 24 220 | 76 185 | 100 405 | 159 |
| Total CIS CIS total | 130 162 | 93 066 | 223 228 | 397 |
| Afrique et Moyen-Orient Africa and Middle East | 14 354 | 66 | 14 420 | 53 |
| Asie / Pacifique Asia / Pacific | 314 325 | 109 909 | 424 234 | 79 |
| Total Monde World total | 718 310 | 316 702 | 1 035 012 | 134 |
| dont OCDE of which OECD | 320 377 | 177 608 | 497 985 | 282 |

* Réserves / production 2017

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2018

| At end 2017 | Pétrole Oil | Ratio R/P* Pétrole Oil R/P ratio | Gaz naturel Natural gas | Ratio R/P * Gaz naturel Natural gas R/P ratio |
|--|------------------------------|--|---|--|
| | Milliards tep Billion toe | Années Years | Mille milliards m ³ Trillion m ³ | Années Years |
| Amérique du Nord North America | 34,2 | 30,8 | 10,8 | 11,4 |
| Amérique centrale et du Sud South and Central America | 51,2 | >100 | 8,2 | 45,9 |
| Total Europe Europe total | 1,7 | 10,4 | 3,0 | 12,2 |
| Total CIS CIS total | 19,7 | 27,8 | 59,2 | 72,6 |
| Afrique Africa | 16,7 | 42,9 | 13,8 | 61,4 |
| Moyen-Orient Middle East | 109,3 | 70 | 79,1 | > 100 |
| Asie / Pacifique Asia / Pacific | 6,4 | 16,7 | 19,3 | 31,8 |
| Total Monde World total | 239,3 | 50,2 | 193,5 | 52,6 |
| dont OCDE of which OECD | 36,3 | 27,8 | 17,8 | 13,6 |

* Reserves / production 2017

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2018

Monde : réserves d'uranium les plus importantes

World: most important uranium reserves

| 01/01/2015 | Réserves raisonnablement assurées milliers tonnes U (<130\$/kgU) Thousand tons U | Réserves supplémentaires présumées milliers tonnes U (<130\$/kgU) Thousand tons U | Production 2014 milliers tonnes U Thousand tons U |
|--|--|---|---|
| Australie <i>Australia</i> | 1 688 | 529 | 5 |
| Canada | 486 | 135 | 9 |
| Afrique du Sud <i>South Africa</i> | 338 | 85 | < 0,5 |
| Kazakhstan | 309 | 469 | 22 |
| Niger | 286 | 56 | 4 |
| Fédération de Russie <i>Russian Federation</i> | 285 | 279 | 3 |
| Namibie <i>Namibia</i> | 252 | 77 | 3 |
| Bésil <i>Brazil</i> | 210 | 121 | < 0,5 |
| Chine <i>China</i> | 173 | 144 | 1 |
| Mongolie <i>Mongolia</i> | 144 | 33 | 0 |
| Ukraine | 95 | 33 | 1 |
| Etats-Unis <i>United States</i> | 86 | - | 2 |
| Total Monde <i>World total</i> | 4 684 | 2 260 | 56 |
| dont OCDE <i>of which OECD</i> | 2 317 | 686 | 16 |

Source : *Uranium 2016, Resources, Production and Demand, AEN, éd 2016*

Evolution des capacités électriques d'origine renouvelable dans le Monde

Renewable world capacity evolution

| Monde - Capacités installées (GW) <i>World - Power capacity (GW)</i> | 2010* | 2012* | 2014* | 2016* | 2017* IRENA 2018 | 2017** REN21 2018 |
|--|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Puissance hydroélectrique renouvelable installée cumulée (GW) <i>Cumulative renewable hydropower installed capacity (GW)</i> | 928 | 986 | 1 066 | 1 131 | 1 152 (dont 119 STEP) | 1 114 |
| Puissance éolienne installée cumulée (GW) <i>Cumulative wind installed capacity (GW)</i> | 181 | 270 (dont 5 offshore) | 350 (dont 8 offshore) | 467 (dont 14 offshore) | 514 (dont 19 offshore) | 539 |
| Puissance PV installée cumulée (GWc) <i>Cumulative PV installed capacity (GWc)</i> | 36 | 96 | 170 | 292 | 386 | 402 |
| Puissance solaire therm. concentré <i>Cumulative concentrated solar thermal power (CSP) capacity (GWth)</i> | | | | | 5 | 5 |
| BioEnergies (GW) <i>Bioenergy (GW)</i> | 66 | 78 | 90 | 104 | 109 | 122 |
| Puissance géothermie installée (GW) <i>Cumulative geothermal installed capacity (GW)</i> | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 13 |
| Total Energie renouvelable Capacités installées (GW) <i>Global Renewable energy power capacity (GW)</i> | 1 226 | 1 444 | 1 692 | 2 012 | 2 179 | 2 195 |

* Source : IRENA (2018), *Renewable capacity statistics*

** Source REN 21 2018 *Global Status report*

Europe : capacité installée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE

Europe: electricity production and installed capacity from wind and solar power in the EU

| | Production Eolien (TWh) en 2016 | Production Eolien (TWh) en 2017** | Puissance éolienne cumulée dans l'UE (GW) fin 2017** | Production PV (TWh) en 2016 | Production PV (TWh) en 2017** | Puissance PV cumulée dans l'UE (GWc) fin 2017** |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|---|
| | Wind production in 2016 | Wind production in 2017** | Cumulated wind capacity in the EU end of 2017** | Solar production in 2016 | Solar production in 2017** | Cumulated PV capacity in the EU end of 2017** |
| Allemagne Germany | 78,6 | 104,5 | 55,6 | 38,1 | 39,9 | 42,4 |
| Autriche Austria | 5,2 | 6,1 | 2,8 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Belgique Belgium | 5,4 | 6,2 | 2,8 | 3,1 | 3,2 | 3,8 |
| Bulgarie Bulgaria | 1,4 | 1,5 | 0,7 | 1,4 | 1,4 | 1,0 |
| Chypre Cyprus | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| Croatie Croatia | 1 | 1,1 | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Danemark Denmark | 12,8 | 14,8 | 5,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Espagne Spain | 48,9 | 49,1 | 23,2 | 8,1 | 8,8 | 5,1 |
| Estonie Estonia | 0,6 | 0,7 | 0,3 | 0 | < 0,1 | < 0,1 |
| Finlande Finland | 3,1 | 4,8 | 2,0 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| France* | 21,4 | 24 | 13,6 | 8,2 | 8,6 | 8,1 |
| Grèce Greece | 5,1 | 5,7 | 2,5 | 3,9 | 4,0 | 2,6 |
| Hongrie Hungary | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Irlande Ireland | 6,1 | 6,6 | 3,4 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Italie Italy | 17,7 | 17,5 | 9,7 | 22,1 | 25,2 | 19,7 |
| Lettonie Latvia | 0,1 | 0,2 | < 0,1 | 0 | 0 | < 0,1 |
| Lituanie Lithuania | 1,1 | 1,4 | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Luxembourg | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | < 0,1 |
| Malte Malta | < 0,1 | < 0,1 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| Pays-Bas Netherlands | 8,2 | 10,2 | 4,3 | 1,6 | 2,1 | 2,7 |
| Pologne Poland | 12,6 | 14,4 | 6,4 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Portugal | 12,5 | 13 | 5,3 | 0,8 | 1,0 | 0,6 |
| Rep. Tchèque Czech Republic | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 2,1 | 2,2 | 2,0 |
| Rep. Slovaque Slovak Republic | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Roumanie Romania | 6,6 | 7,1 | 3 | 1,8 | 1,9 | 1,4 |
| Royaume Uni United Kingdom | 37,4 | 45,5 | 19 | 10,4 | 11,5 | 12,8 |
| Slovénie Slovenia | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Suède Sweden | 15,5 | 17,1 | 6,7 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| UE 28 EU 28 | 302,9 | 353,5 | 169 | 105,2 | 113,9 | 106,6 |
| | (TWh) | (TWh) | (GW) | (TWh) | (TWh) | (GWc) |

* Départements d'Outre-Mer non inclus Overseas departments non included

** Estimation

Source : EurObserver 2018

Europe : puissance éolienne offshore connectée dans les pays de l'UE *
 Europe: installed capacity for offshore wind power in the EU countries *

| GW | Fin 2016 End of 2016 | Fin 2017 ** End of 2017 ** |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Royaume-Uni <i>United Kingdom</i> | 5,3 | 6,4 |
| Allemagne <i>Germany</i> | 4,1 | 5,4 |
| Danemark <i>Denmark</i> | 1,3 | 1,3 |
| Pays-Bas <i>Netherlands</i> | 1 | 1 |
| Belgique <i>Belgium</i> | 0,7 | 0,9 |
| Suède <i>Sweden</i> | 0,2 | 0,2 |
| Finlande <i>Finland</i> | < 0,1 | < 0,1 |
| Irlande <i>Ireland</i> | < 0,1 | < 0,1 |
| Espagne <i>Spain</i> | < 0,1 | < 0,1 |
| Portugal | < 0,1 | < 0,1 |
| Total EU 28 | 12,6 | 15,2 |

* Connectée au réseau. * Connected to the grid.

** Donnée estimée. ** Estimated data.

Source : *EurObserver 2018*

Potentiels de biomasses en France

| Origine | Biomasses | Total produit (ktep équivalent) | Supplémentaire disponible (ktep équivalent) |
|-------------|--|------------------------------------|--|
| Agriculture | cultures dédiées à l'énergie y.c. taillis à courte rotation | 32 | 0 |
| Agriculture | résidus cultures annuelles | 35 180 | 2 890 |
| Agriculture | déchets cultures pérennes | 940 | nd |
| Agriculture | issus de silo | 0 | nd |
| Agriculture | effluents d'élevage | 7 214 | 3 220 |
| Forêt | forêts (hors peupleraies) | nd | 460 |
| Forêt | peupleraies | nd | 17 |
| IAA | coproduits | 3 026 | 22 |
| Urbain | déchets verts et urbains | 13 499 | 45 |
| | Total | 59 891 | 6 654 |

Notes : IAA : industries agro-alimentaires - nd : non disponible ; fortes modifications des évaluations forestières par rapport à la version antérieure ; les données forestières sont ici restituées sous forme de moyenne

Source : *d'après l'Observatoire national des ressources en biomasse - Evaluation des ressources disponibles en France - Edition 2016 - Les études de FranceAgriMer*

Description de la forêt en France (FCBA, 2018)

Surface de la France métropolitaine : 54,9 millions d'hectares (M ha)

Superficie boisée : 17,0 millions d'hectares (M ha)

(15,2 M ha de bois et forêt et 1,7 M ha de superficie boisée hors bois et forêt)

Volume sur pied : 2 700 Mm³

Production annuelle en 2017 : 88 Mm³ (dont 50,5 de feuillus, 35,3 de résineux et 2,2 de peupleraies)

Usage du bois (millions m³/an)

Récolte de bois commercialisée en 2017 : 37,9 Mm³ (sur écorce)

Dont 13,9 : bois d'œuvre résineux

Dont 5,4 : bois d'œuvre feuillus

Dont 10 : bois de trituration (industrie)

La récolte de bois de feu des ménages est estimée à 21,5 Mm³ (hors vergers, haies et alignements)

Source : Etude IGN, ADEME, FCBA 2016

Production OCDE de biocarburants - projection 2020 :

| Milliards de litres | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2020 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EU 28 | | | | | |
| Ethanol | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 7,2 | 7,3 |
| Biodiesel | 13,5 | 13,3 | 13,6 | 13,8 | 14,1 |
| OCDE | | | | | |
| Ethanol | 67,3 | 69,0 | 70,8 | 72,3 | 73,0 |
| Biodiesel | 20,5 | 21,9 | 22,4 | 23,0 | 23,0 |
| Monde | | | | | |
| Ethanol | 118,2 | 119,7 | 123,7 | 126,8 | 130,7 |
| Biodiesel | 31,6 | 36,2 | 37,3 | 38,6 | 40,3 |

2016 : Estimation - Estimate

2017 : Provisionnel - Provisional

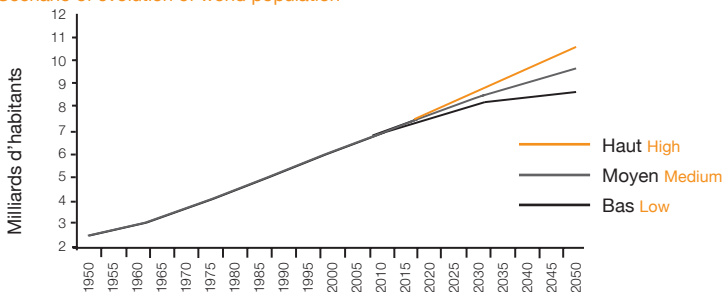
2018 et 2020 - Prévisions - Forecast

Source : base de données OCDE - <https://stats.oecd.org/>

CONSOMMATION

Scénario d'évolution de la population mondiale

Scenario of evolution of world population



Source: United Nations Secretariat, World Population Prospects database (<http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm>)

Monde : données générales pour 2016

World: General data for 2016

| Année 2016 Year 2016 | Population (millions hab) (Million inhab) | PIB (PPA milliards US\$2010) GDP (PPP billion US\$2010) | Consommation finale d'énergie ^(A) (millions tep) Final consumption of energy ⁽¹⁾ (million toe) | Consommation d'électricité (TWh) Consumption of electricity (TWh) |
|---|---|--|---|--|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 500 | 20 918 | 1 855 | 5 043 |
| dont Etats-Unis of which USA | 323 | 16 920 | 1 515 | 4 148 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 490 | 6 321 | 461 | 1 031 |
| dont Brésil of which Brazil | 208 | 2 853 | 224 | 520 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 568 | 20 020 | 1 230 | 3 397 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 511 | 18 136 | 1 138 | 3 071 |
| dont France of which France | 67 | 2 488 | 152 | 478 |
| Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 342 | 5 562 | 713 | 1 571 |
| Afrique Africa | 1 225 | 5 475 | 594 | 706 |
| Asie Asia | 4 430 | 52 413 | 4 405 | 11 547 |
| dont Chine of which China | 1 386 | 19 841 | 1 978 | 5 946 |
| dont Inde of which India | 1 324 | 7 905 | 572 | 1 216 |
| dont Moyen-Orient of which Middle East | 233 | 5 301 | 483 | 948 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 216 | 8 097 | 584 | 1 898 |
| Total Monde World Total | 7 429 | 109 231 | 9 555 | 23 107 |
| dont OCDE of which OECD | 1 285 | 49 034 | 3 669 | 10 338 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

(A) A la différence des zones géographiques mentionnées, les données pour la France et les Etats-Unis comprennent les combustibles renouvelables et déchets - Unlike mentioned geographical areas, data for France and United States include combustible renewables and waste

Différence entre somme et total annoncé = Bunkers (marine et aviation)

Source : Bilans Énergétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018 World Energy Balances, Statistics, IEA, 2018 edition

Monde : données générales pour 2016 (suite)

World: General data for 2016

| Année 2016 Year 2016 | Consommation finale d'énergie par habitant (tep/hab) Final consumption of energy per capita (toe/capita) | Consommation finale d'énergie par unité de PIB ^(B) (kep/millier US\$2010) Final consumption of energy per GDP unit ^(B) (koe/thousand US\$2010) | Consommation finale d'électricité par habitant (MWh/hab) Final consumption of electricity per capita (MWh/capita) | Consommation finale d'électricité par unité de PIB ^(C) (kWh/millier US\$2010) Final consumption of electricity per GDP unit ^(C) (kWh/thousand US\$2010) |
|---|---|---|--|--|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 3,7 | 89 | 10,1 | 241 |
| <i>dont Etats-Unis</i> <i>of which USA</i> | 4,7 | 90 | 12,8 | 245 |
| Amérique latine Latin America | 0,9 | 73 | 2,1 | 163 |
| <i>dont Brésil</i> <i>of which Brazil</i> | 1,1 | 79 | 2,5 | 182 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 2,2 | 61 | 6,0 | 170 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 2,2 | 63 | 6,0 | 169 |
| <i>dont France</i> <i>of which France</i> | 2,3 | 61 | 7,1 | 192 |
| Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 2,1 | 128 | 4,6 | 282 |
| Afrique Africa | 0,5 | 108 | 0,6 | 129 |
| Asie Asia | 1,0 | 84 | 2,6 | 220 |
| <i>dont Chine</i> <i>of which China</i> | 1,4 | 100 | 4,3 | 300 |
| <i>dont Inde</i> <i>of which India</i> | 0,4 | 72 | 0,9 | 154 |
| <i>dont Moyen-Orient</i> <i>of which Middle East</i> | 2,1 | 91 | 4,1 | 179 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 2,7 | 72 | 8,8 | 234 |
| Total Monde World Total | 1,3 | 87 | 3,1 | 212 |
| <i>dont OCDE</i> <i>of which OECD</i> | 2,9 | 75 | 8,0 | 211 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

(B) Consommation finale d'énergie/ PIB Final consumption of energy/ GDP

(C) Consommation finale d'électricité / PIB Final consumption of electricity / GDP

Source : *Bilans Energétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018* World Energy Balances, Statistics, IEA, 2018 edition

Monde : approvisionnement total en énergie primaire *

World: total primary energy supply *

| Mtep Mtoe | 1990 | 2000 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | %/an %/year 2000-2016 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 2 264 | 2 703 | 2 689 | 2 713 | 2 689 | 2 670 | 0,0 |
| dont Etats-Unis of which USA | 1 915 | 2 274 | 2 217 | 2 211 | 2 188 | 2 167 | -0,2 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 327 | 424 | 580 | 636 | 628 | 617 | 1,5 |
| dont Brésil of which Brazil | 140 | 187 | 266 | 301 | 295 | 285 | 1,6 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 1 628 | 1 753 | 1 824 | 1 681 | 1 708 | 1 723 | -0,1 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 1 646 | 1 695 | 1 730 | 1 570 | 1 590 | 1 599 | -0,2 |
| dont France of which France | 224 | 252 | 263 | 245 | 249 | 244 | -0,1 |
| Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 1 530 | 1 000 | 1 113 | 1 132 | 1 103 | 1 130 | 0,5 |
| Afrique Africa | 392 | 498 | 700 | 790 | 796 | 818 | 1,9 |
| Asie Asia | 2 575 | 3 455 | 5 726 | 6 450 | 6 516 | 6 562 | 2,5 |
| dont Chine of which China | 882 | 1 143 | 2 550 | 2 978 | 3 005 | 2 973 | 3,7 |
| dont Inde of which India | 306 | 441 | 700 | 824 | 837 | 862 | 2,6 |
| dont Moyen-Orient of which Middle East | 211 | 354 | 622 | 723 | 729 | 734 | 2,8 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 642 | 849 | 918 | 873 | 872 | 882 | 0,1 |
| Soutes maritimes internationales International marine bunkers | 116 | 155 | 206 | 198 | 206 | 212 | 1,2 |
| Soutes aviation internationales International aviation bunkers | 87 | 119 | 153 | 168 | 178 | 186 | 1,7 |
| Total Monde World Total | 8 774 | 10 036 | 12 876 | 13 622 | 13 672 | 13 761 | 1,2 |
| dont OCDE of which OECD | 4 533 | 5 305 | 5 431 | 5 267 | 5 269 | 5 275 | 0,0 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

* Approvisionnement total en énergies primaires : Production+Importations-Exportations-soutages maritimes internationaux + variations des stocks

* Total Primary Energy Supply: Production+ Imports-Exports- international marine bunkers+ stock changes

Source : Bilans Energétiques Monde, AIE, éd 2018 - World Energy Balances, IEA, 2018 ed.

Monde : demande en énergie primaire, scénario central du WEO 2017 (New Policies Scenario, politiques actuelles en vigueur et également mise en place des mesures plus ambitieuses annoncées)

World primary energy demand by region in the central scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario, in addition to incorporating policies already put in place, it also takes into account the effect of announced policies)

| | 2000 | | 2016 | | 2025 | | 2030 | | 2040 | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % |
| Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾ | 2 678 | 27 | 2 615 | 19 | 2 672 | 18 | 2 660 | 17 | 2 668 | 15 |
| Etats-Unis United States | 2 270 | 23 | 2 154 | 16 | 2 188 | 14 | 2 162 | 14 | 2 122 | 12 |
| Amérique du Sud et centrale ⁽²⁾ Central & South America ⁽²⁾ | 449 | 4 | 666 | 5 | 736 | 5 | 794 | 5 | 936 | 5 |
| Europe ⁽³⁾ | 2 028 | 20 | 1 965 | 14 | 1 887 | 12 | 1 831 | 11 | 1 762 | 10 |
| UE 28 ⁽⁴⁾ EU 28 ⁽⁴⁾ | 1 693 | 17 | 1 594 | 12 | 1 485 | 10 | 1 414 | 9 | 1 312 | 7 |
| Eurasie ⁽⁵⁾ Eurasia ⁽⁵⁾ | 743 | 7 | 880 | 6 | 919 | 6 | 945 | 6 | 1 016 | 6 |
| Russie Russia | 620 | 6 | 699 | 5 | 711 | 5 | 721 | 5 | 755 | 4 |
| Moyen-Orient ⁽⁶⁾ Middle East ⁽⁶⁾ | 353 | 4 | 743 | 5 | 879 | 6 | 992 | 6 | 1 226 | 7 |
| Afrique Africa | 501 | 5 | 804 | 6 | 953 | 6 | 1056 | 7 | 1 289 | 7 |
| Asie Pacifique ⁽⁷⁾ Asia Pacific ⁽⁷⁾ | 3 009 | 30 | 5 699 | 41 | 6 679 | 44 | 7 226 | 45 | 8 068 | 46 |
| dont Inde of which India | 441 | 4 | 897 | 7 | 1 228 | 8 | 1 466 | 9 | 1 901 | 11 |
| dont Chine of which China | 1 143 | 11 | 3 006 | 22 | 3 439 | 23 | 3 631 | 23 | 3 797 | 22 |
| Bunkers ⁽⁸⁾ | 273 | 3 | 388 | 3 | 458 | 3 | 506 | 3 | 617 | 4 |
| Total Monde World Total | 10 034 | 100 | 13 760 | 100 | 15 183 | 100 | 16 010 | 100 | 17 852 | 100 |
| dont : of which: | | | | | | | | | | |
| Charbon Coal | 2 311 | 23 | 3 755 | 27 | 3 842 | 25 | 3 896 | 24 | 3 929 | 22 |
| Pétrole Oil | 3 670 | 37 | 4 388 | 32 | 4 633 | 31 | 4 715 | 29 | 4 830 | 27 |
| Gaz Gas | 2 071 | 21 | 3 007 | 22 | 3 436 | 23 | 3 737 | 23 | 4 356 | 25 |
| Nucléaire Nuclear | 676 | 7 | 681 | 5 | 839 | 6 | 897 | 6 | 1 002 | 6 |
| Hydraulique Hydro | 225 | 2 | 350 | 3 | 413 | 3 | 459 | 3 | 533 | 3 |
| Bioénergie Bioenergy | 1 023 | 10 | 1 354 | 10 | 1 530 | 10 | 1 630 | 10 | 1 801 | 10 |
| Autres renouvelables Other renewables | 60 | 1 | 225 | 2 | 490 | 3 | 676 | 4 | 1 133 | 6 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

La différence entre les totaux par région et par énergie provient des soutes maritimes internationales.

The difference between total by region and by energy comes from international marine bunkers.

World Energy Outlook 2017 presents projections for 3 scenarios :

- The Current Policies Scenarios (CPS) considers the impact of only those policies and measures that are firmly enshrined in legislation as of mid-2017.

- The New Policies Scenario (NPS) is the central scenario of WEO 2017. In addition to incorporating policies and measures already put in place, it also takes into account the effect of announced policies, as expressed in official targets and plans.

- The Sustainable Development Scenario (SDS) builds on the sustainable development goals of the United Nations : to ensure universal access to affordable, reliable energy services, to substantially reduce the air pollution, to take effective action to combat climate change.

Source : World Energy Outlook 2017, IEA

Monde : consommation finale d'énergie en 2016

World: final consumption of energy for 2016

| (Mtep) (Mtoe) | Charbon Coal | Pétrole Oil | Gaz naturel Natural gas | Bioénergies- Bioenergies | Electricité Electricity | Chaleur Heat | Autres Other | Total |
|--|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 22 | 924 | 398 | 101 | 398 | 7 | 6 | 1 855 |
| <i>dont Etats-Unis of which USA</i> | 18 | 741 | 336 | 81 | 327 | 7 | 5 | 1 515 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 11 | 214 | 59 | 93 | 84 | 0 | 1 | 461 |
| <i>dont Brésil of which Brazil</i> | 7 | 101 | 13 | 61 | 42 | 0 | 1 | 224 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 46 | 506 | 267 | 89 | 266 | 47 | 9 | 1 230 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 34 | 469 | 252 | 90 | 239 | 48 | 6 | 1 138 |
| <i>dont France of which France</i> | 2 | 66 | 30 | 12 | 38 | 3 | 0 | 152 |
| Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 32 | 204 | 220 | 17 | 106 | 132 | 1 | 713 |
| Afrique Africa | 19 | 165 | 36 | 320 | 55 | 0 | 0 | 594 |
| Asie Asia | 925 | 1 497 | 504 | 428 | 899 | 107 | 45 | 4 405 |
| <i>dont Chine of which China</i> | 711 | 495 | 114 | 85 | 449 | 90 | 35 | 1 978 |
| <i>dont Inde of which India</i> | 99 | 182 | 32 | 163 | 95 | 0 | 1 | 572 |
| <i>dont Moyen-Orient of which Middle East</i> | 3 | 225 | 177 | 1 | 75 | 0 | 3 | 483 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 34 | 302 | 71 | 16 | 154 | 5 | 2 | 584 |
| Total Monde World Total | 1 035 | 3 893 | 1 440 | 1 051 | 1 794 | 283 | 59 | 9 555 |
| <i>dont OCDE of which OECD</i> | 102 | 1 731 | 736 | 206 | 818 | 60 | 16 | 3 669 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Nota : à la différence des zones géographiques mentionnées, les données pour la France et les Etats-Unis comprennent les combustibles renouvelables et déchets (la différence entre somme des colonnes et Total provient de la consommation de chaleur non issue de combustible) - Unlike mentioned geographical areas, data for France and United States include combustible renewables and waste (the difference between the sum of columns and total is due to heat not coming from combustible).

Source : Bilans Energétiques Monde, AIE éd 2018 *World Energy Balances, IEA, 2018 ed.*

Monde : consommation finale d'énergie, scénario central du WEO 2017 (New Policies Scenario, politiques actuelles en vigueur et également mise en place des mesures plus ambitieuses annoncées)

World: final consumption of energy in the central scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario, in addition to incorporating policies already put in place, it also takes into account the effect of announced policies)

| | 2000 | | 2015 | | 2025 | | 2030 | | 2040 | |
|--|--------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % |
| Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾ | 1 833 | 26 | 1 833 | 20 | 1 895 | 18 | 1 879 | 17 | 1 862 | 15 |
| <i>dont USA</i> <i>of which USA</i> | 1 546 | 22 | 1 520 | 16 | 1 561 | 15 | 1 537 | 14 | 1 502 | 12 |
| Amérique du Sud et centrale ⁽²⁾ Central and South America ⁽²⁾ | 352 | 5 | 495 | 5 | 562 | 5 | 606 | 5 | 707 | 6 |
| <i>dont Brésil</i> <i>of which Brazil</i> | 153 | 2 | 227 | 2 | 252 | 2 | 272 | 2 | 317 | 3 |
| Europe ⁽³⁾ | 1 396 | 20 | 1 354 | 14 | 1 358 | 13 | 1 335 | 12 | 1 299 | 10 |
| UE 28 EU 28 | 1 180 | 17 | 1 113 | 12 | 1 083 | 10 | 1 046 | 9 | 984 | 8 |
| Europe de l'est/Eurasie ⁽³⁾ Eurasia ⁽³⁾ | 500 | 7 | 542 | 6 | 602 | 6 | 628 | 6 | 676 | 5 |
| Moyen-Orient Middle East | 241 | 3 | 485 | 5 | 599 | 6 | 696 | 6 | 891 | 7 |
| Afrique Africa | 369 | 5 | 571 | 6 | 690 | 6 | 761 | 7 | 912 | 7 |
| Asie Pacifique ⁽⁴⁾ Asia Pacific ⁽⁴⁾ | 2 075 | 29 | 3 711 | 40 | 4 508 | 42 | 4 894 | 43 | 5 497 | 44 |
| <i>dont Inde</i> <i>of which India</i> | 315 | 4 | 578 | 6 | 843 | 8 | 1 012 | 9 | 1 327 | 11 |
| <i>dont Chine</i> <i>of which China</i> | 791 | 11 | 1 915 | 20 | 2 281 | 21 | 2 421 | 21 | 2 557 | 21 |
| Bunkers ⁽⁵⁾ | 273 | 4 | 378 | 4 | 458 | 4 | 506 | 4 | 617 | 5 |
| Monde World | 7 040 | 100 | 9 369 | 100 | 10 673 | 100 | 11 306 | 100 | 12 461 | 100 |
| <i>dont : of which:</i> | | | | | | | | | | |
| Charbon Coal | 548 | 8 | 1 039 | 11 | 1 066 | 10 | 1 080 | 10 | 1 092 | 9 |
| Pétrole Oil | 3 117 | 44 | 3 818 | 41 | 4 191 | 39 | 4 307 | 38 | 4 481 | 36 |
| Gaz Gas | 1 117 | 16 | 1 407 | 15 | 1 746 | 16 | 1 927 | 17 | 2 268 | 18 |
| Électricité Electricity | 1 092 | 16 | 1 740 | 19 | 2 159 | 20 | 2 405 | 21 | 2 895 | 23 |
| Chaleur Heat | 249 | 4 | 271 | 3 | 295 | 3 | 299 | 3 | 303 | 2 |
| Biomasse et déchets Biomass & Waste | 908 | 13 | 1 056 | 11 | 1 142 | 11 | 1 188 | 11 | 1 260 | 10 |
| Autres renouvelables Other renewables | 9 | 0,1 | 38 | 0,4 | 74 | 0,7 | 100 | 0,9 | 162 | 1,3 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

* Continuité des politiques déjà mises en places et prise en compte des nouvelles mesures annoncées.

* Incorporates policies and measures that governments around the world have already put in place, and takes into account the effects of announced policies, as expressed in official targets and plans.

La différence entre les totaux par région et par énergie provient des soutes maritimes internationales.

The difference between total by region and by energy comes from international marine bunkers.

Source : World Energy Outlook 2017, IEA

Monde : consommation finale d'énergie, Scénario Politiques Actuelles du WEO 2017 (sans mise en place des nouvelles mesures annoncées)

World: final consumption of energy in the Current Policies Scenario of WEO 2017 (provides a cautious assessment of where existing policies might lead the energy sector)

| | 2000 | | 2015 | | 2025 | | 2030 | | 2040 | |
|---|--------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % | Mtep Mtoe | % |
| Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾ | 1 833 | 27 | 1 833 | 21 | 1 929 | 18 | 1 945 | 17 | 1 988 | 16 |
| dont USA of which USA | 1 546 | 23 | 1 520 | 17 | 1 589 | 15 | 1 590 | 14 | 1 603 | 13 |
| Amérique centrale et du Sud Central and South America | 352 | 5 | 495 | 6 | 571 | 5 | 626 | 6 | 752 | 6 |
| dont Brésil of which Brazil | 153 | 2 | 227 | 3 | 256 | 2 | 278 | 2 | 331 | 3 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 1 396 | 21 | 1 354 | 15 | 1 401 | 13 | 1 408 | 13 | 1 432 | 11 |
| UE 28 EU 28 | 1 180 | 17 | 1 113 | 13 | 1 120 | 11 | 1 107 | 10 | 1 095 | 9 |
| Eurasie ⁽³⁾ Eurasia ⁽³⁾ | 500 | 7 | 542 | 5 | 616 | 6 | 652 | 6 | 718 | 6 |
| Moyen-Orient Middle-East | 241 | 3 | 485 | 5 | 612 | 6 | 721 | 6 | 961 | 7 |
| Afrique Africa | 369 | 5 | 571 | 6 | 699 | 7 | 778 | 7 | 947 | 7 |
| Asie Pacifique ⁽⁴⁾ Asia Pacific ⁽⁴⁾ | 2 075 | 31 | 3 711 | 42 | 4 637 | 44 | 5 119 | 46 | 5 946 | 47 |
| dont Inde of which India | 315 | 5 | 578 | 7 | 858 | 8 | 1 040 | 9 | 1 385 | 11 |
| dont Chine of which China | 791 | 12 | 1 915 | 22 | 2 374 | 23 | 2 581 | 23 | 2 872 | 23 |
| Bunkers ⁽⁵⁾ | 273 | 4 | 378 | 4 | 478 | 4 | 540 | 5 | 675 | 5 |
| Monde World | 7 040 | 100 | 9 369 | 100 | 10 943 | 100 | 11 789 | 100 | 13 419 | 100 |
| dont : of which: | | | | | | | | | | |
| Charbon Coal | 548 | 8 | 1 039 | 11 | 1 107 | 10 | 1 151 | 10 | 1 219 | 9 |
| Pétrole Oil | 3 117 | 44 | 3 818 | 41 | 4 357 | 40 | 4 615 | 39 | 5 099 | 38 |
| Gaz Gas | 1 117 | 16 | 1 407 | 15 | 1 760 | 16 | 1 949 | 17 | 2 325 | 17 |
| Electricité Electricity | 1 092 | 16 | 1 740 | 19 | 2 226 | 20 | 2 514 | 21 | 3 090 | 23 |
| Chaleur Heat | 249 | 4 | 271 | 3 | 303 | 3 | 314 | 3 | 330 | 2 |
| Biomasse et déchets Biomass & Waste | 908 | 13 | 1 056 | 11 | 1 126 | 10 | 1 163 | 10 | 1 228 | 9 |
| Autres renouvelables Other renewables | 9 | 0,1 | 38 | 0,4 | 64 | 0,6 | 83 | 0,7 | 128 | 1,0 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

* Le New Policies Scenario est le scénario Central du WEO 2017. Il est basé sur la continuité des politiques déjà mises en places et la prise en compte des nouvelles mesures annoncées.

* The New Policies Scenario is the Central scenario of WEO 2107. It incorporates policies and measures that governments around the world have already put in place, and takes into account the effects of announced policies, as expressed in official targets and plans.

La différence entre les totaux par région et par énergie provient des soutes maritimes internationales.

The difference between total by region and by energy comes from international marine bunkers.

Source : World Energy Outlook 2017, IEA

Europe : données générales pour 2016

Europe: general data for 2016

| Année 2016 Year 2016 | Population (millions habitants) (million inhabitants) | PIB (PPA milliards US\$2010) GDP (PPP billion US\$2010) | Approvision- nement en énergie primaire (millions tep) Primary energy supply (million toe) | Consommation finale d'énergie (millions tep) Final consump- tion of energy (million toe) | Consommation d'électricité (TWh) Electricity consumption (TWh) |
|--|---|---|--|--|---|
| Allemagne <i>Germany</i> | 82 | 3 553 | 310 | 224 | 573 |
| Autriche <i>Austria</i> | 9 | 377 | 33 | 28 | 72 |
| Belgique <i>Belgium</i> | 11 | 465 | 57 | 42 | 88 |
| Bulgarie <i>Bulgaria</i> | 7 | 124 | 18 | 10 | 35 |
| Chypre <i>Cyprus</i> | 1 | 26 | 2 | 2 | 5 |
| Croatie <i>Croatia</i> | 4 | 86 | 8 | 7 | 17 |
| Danemark <i>Denmark</i> | 6 | 258 | 17 | 14 | 34 |
| Espagne <i>Spain</i> | 46 | 1 524 | 120 | 82 | 256 |
| Estonie <i>Estonia</i> | 1 | 35 | 6 | 3 | 9 |
| Finlande <i>Finland</i> | 6 | 212 | 34 | 26 | 85 |
| France | 67 | 2 488 | 244 | 152 | 478 |
| Grèce <i>Greece</i> | 11 | 256 | 23 | 16 | 59 |
| Hongrie <i>Hungary</i> | 10 | 243 | 26 | 19 | 41 |
| Irlande <i>Ireland</i> | 5 | 296 | 14 | 11 | 28 |
| Italie <i>Italy</i> | 61 | 2 034 | 151 | 118 | 308 |
| Lettonie <i>Latvia</i> | 2 | 45 | 4 | 4 | 7 |
| Lituanie <i>Lithuania</i> | 3 | 77 | 7 | 6 | 12 |
| Luxembourg | 1 | 52 | 4 | 4 | 8 |
| Malte <i>Malta</i> | 0 | 15 | 1 | 0 | 2 |
| Pays-Bas <i>Netherlands</i> | 17 | 788 | 75 | 58 | 115 |
| Pologne <i>Poland</i> | 38 | 958 | 99 | 71 | 159 |
| Portugal | 10 | 281 | 22 | 16 | 50 |
| Rép. Tchèque <i>Czech Republic</i> | 11 | 324 | 42 | 25 | 68 |
| Rép. Slovaque <i>Slovak Republic</i> | 5 | 158 | 17 | 10 | 28 |
| Roumanie <i>Romania</i> | 20 | 410 | 32 | 23 | 53 |
| Royaume-Uni <i>United Kingdom</i> | 66 | 2 544 | 179 | 128 | 330 |
| Slovénie <i>Slovenia</i> | 2 | 60 | 7 | 5 | 14 |
| Suède <i>Sweden</i> | 10 | 448 | 49 | 33 | 137 |
| Union européenne (28) European Union (28) | 511 | 18 136 | 1 599 | 1 138 | 3 071 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Nota : Approvisionnement en énergies primaires = Production + Importations - Exportations - soutages maritimes internationaux + variations des stocks

Primary energy supply = Production + Imports - Exports - international marine bunkers + stock changes

Les combustibles renouvelables et déchets ne sont pas inclus pour les pays non-OCDE (Bulgarie, Chypre, Malte, Roumanie, Slovénie et Etats-Baltes).

Combustible Renewables and waste are not included for non-OECD countries (Bulgaria, Cyprus, Malta, Romania, Slovenia and Baltic States).

Source : *Bilans Energétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018*

Europe : données générales pour 2016

Europe: general data for 2016

| Année 2016 Year 2016 | Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kcp/millier US\$2010) Final energy consumption per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2010) | Consommation d'électricité par habitant (MWh/hab) Electricity consumption per head (MWh/head) | Consommation d'électricité par unité de PIB ⁽²⁾ (kWh/millier US\$2010) Electricity consumption per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2010) |
|--|--|--|--|
| Allemagne Germany | 63 | 7,0 | 161 |
| Autriche Austria | 74 | 8,3 | 191 |
| Belgique Belgium | 91 | 7,8 | 189 |
| Bulgarie Bulgaria | 80 | 5,0 | 285 |
| Chypre Cyprus | 58 | 5,5 | 177 |
| Croatie Croatia | 82 | 4,0 | 193 |
| Danemark Denmark | 53 | 5,9 | 131 |
| Espagne Spain | 54 | 5,5 | 168 |
| Estonie Estonia | 82 | 7,2 | 268 |
| Finlande Finland | 123 | 15,5 | 401 |
| France | 61 | 7,1 | 192 |
| Grèce Greece | 64 | 5,5 | 231 |
| Hongrie Hungary | 80 | 4,2 | 169 |
| Irlande Ireland | 37 | 5,9 | 93 |
| Italie Italy | 58 | 5,1 | 151 |
| Lettonie Latvia | 85 | 3,6 | 156 |
| Lituanie Lithuania | 79 | 4,1 | 152 |
| Luxembourg | 69 | 14,3 | 161 |
| Malte Malta | 30 | 5,0 | 141 |
| Pays-Bas Netherlands | 73 | 6,7 | 145 |
| Pologne Poland | 74 | 4,1 | 166 |
| Portugal | 57 | 4,9 | 179 |
| Rép. Tchèque Czech Republic | 78 | 6,5 | 211 |
| Rép. Slovaque Slovak Republic | 65 | 5,2 | 180 |
| Roumanie Romania | 56 | 2,7 | 129 |
| Royaume-Uni United Kingdom | 50 | 5,0 | 130 |
| Slovénie Slovenia | 83 | 7,0 | 241 |
| Suède Sweden | 74 | 13,8 | 305 |
| Union européenne (28) European Union (28) | 63 | 6,0 | 169 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

(1) Consommation finale d'énergie / PIB Final consumption of energy / GDP

(2) Consommation finale d'électricité / PIB Final consumption of electricity/ GDP

Les combustibles renouvelables et déchets ne sont pas inclus pour les pays non-OCDE (Bulgarie, Chypre, Malte, Roumanie, Slovénie et Etats-Baltes).

Combustible Renewables and waste are not included for non-OECD countries (Bulgaria, Cyprus, Malta, Romania, Slovenia and Baltic States).

Source : Bilans Energétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018 World Energy Balances, Statistics, IEA, 2018 edition

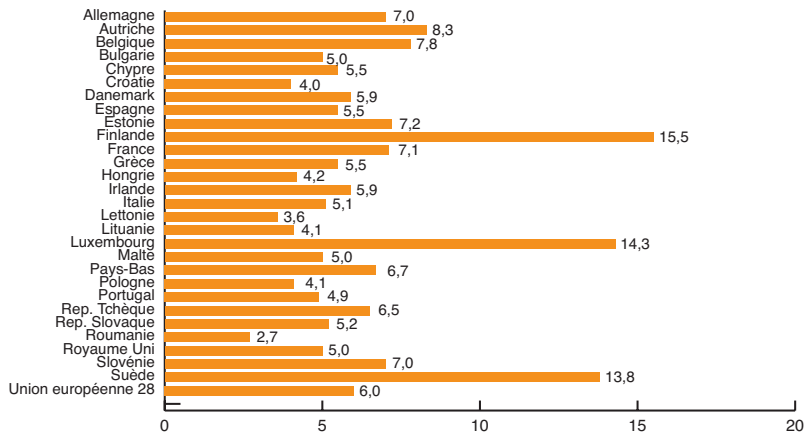
Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2017*
 Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2017*

| Ktep Ktoe | Bioethanol Bioethanol | Biodiesel Biodiesel | Biogaz carburant Biogas fuel | Consommation totale Total consumption |
|--|--------------------------|------------------------|------------------------------------|---|
| Allemagne Germany | 731 | 1 884 | 33 | 2 608 |
| Autriche Austria | 54 | 618 | < 1 | 672 |
| Belgique Belgium | 90 | 375 | < 1 | 465 |
| Bulgarie Bulgaria | 39 | 157 | 0 | 196 |
| Chypre Cyprus | < 1 | 9 | 0 | 9 |
| Croatie Croatia | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Danemark Denmark | 44 | 173 | < 1 | 217 |
| Espagne Spain | 140 | 1 148 | < 1 | 1 288 |
| Estonie Estonia | 3 | < 1 | < 1 | 3 |
| Finlande Finland | 87 | 304 | 3 | 394 |
| France | 539 | 2 796 | < 1 | 3 335 |
| Grèce Greece | < 1 | 151 | < 1 | 151 |
| Hongrie Hungary | 64 | 199 | 0 | 263 |
| Irlande Ireland | 30 | 130 | < 1 | 160 |
| Italie Italy | 33 | 1 027 | < 1 | 1 060 |
| Lettonie Latvia | 8 | 3 | < 1 | 11 |
| Lituanie Lithuania | 7 | 54 | < 1 | 61 |
| Luxembourg | 7 | 105 | < 1 | 112 |
| Malte Malta | < 1 | 4 | < 1 | 4 |
| Pays-Bas Netherlands | 129 | 174 | < 1 | 303 |
| Pologne Poland | 160 | 421 | < 1 | 581 |
| Portugal | 3 | 252 | < 1 | 255 |
| Rép. Tchèque Czech Republic | 75 | 244 | < 1 | 319 |
| Rép. Slovaque Slovak Republic | 39 | 136 | < 1 | 175 |
| Roumanie Romania | 81 | 176 | < 1 | 257 |
| Royaume-Uni United Kingdom | 386 | 548 | < 1 | 934 |
| Slovénie Slovenia | < 1 | 35 | < 1 | 35 |
| Suède Sweden | 104 | 1 431 | 111 | 1 646 |
| Union européenne (28) European Union (28) | 2 853 | 12 514 | 147 | 15 514 |

* Estimation

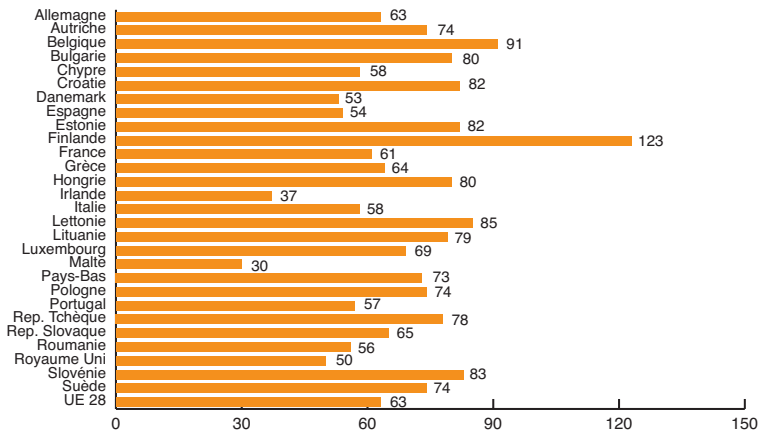
Source : EurObserv'ER 2018

Consommation d'électricité par habitant (MWh/hab) Electricity consumption per head (MWh/capita)



Source : *Bilans Energétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018*
World Energy Balances, Statistics, IEA, 2018 edition

Consommation finale d'énergie par unité de PIB (koe/millier US\$2010) Final energy consumption per GDP unit (koe/thousand US\$2010)



Source : *Bilans Energétiques, Statistiques, Monde AIE, éd 2018*
World Energy Balances, Statistics, IEA, 2018 edition

France Métropole (et France d'Outre-Mer): consommation d'énergie primaire par énergie

France: primary energy consumption by energy

| Mtep Mtoe | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017** (sans (DOM)) | Part % | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | 2000 | 2016 |
| Charbon <i>Coal</i> | 19 | 14 | 12 | 9,3 | 9,1 | 9,3 | 6 % | 4 % |
| Pétrole <i>Oil</i> | 86 | 84 | 77 | 75 | 72 | 72 | 33 % | 29 % |
| Gaz <i>Gas</i> | 26 | 36 | 43 | 35 | 38 | 39 | 14 % | 15 % |
| Electricité nucléaire * <i>Nuclear Energy</i> | 78 | 102 | 109 | 108 | 101 | 100 | 40 % | 40 % |
| Biocarburants (biodiesel et bioessence) <i>Biofuels</i> | 0 | 0,3 | 2,4 | 2,9 | 3,0 | nd | 0 % | 1 % |
| Energies renouvelables électriques (hydro, éolien, PV) <i>Electric renewable energies</i> | 5 | 5,8 | 6,3 | 7,3 | 7,9 | 7,1 | 2 % | 3 % |
| Energies renouvelables thermiques et déchets <i>Biomass and waste</i> | 11 | 11 | 18 | 19 | 21 | 21 | 4 % | 8 % |
| Total | 225 | 253 | 267 | 257 | 252 | 248 | 100 % | 100 % |

* Déduction faite du solde exportateur d'électricité.

** CGDD Chiffres Clés de l'Energie, Edition Septembre 2018

Source : DGEC Bilan énergétique de la France, Service de l'Observation et des Statistiques, avril 2018

France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie

France: final energy consumption (corrected for climate) by energy

| Mtep Mtoe | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017** (sans DOM) | Part % | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|--------------|--------------|
| | | | | | | | 2000 | 2016 |
| Charbon <i>Coal</i> | 5,3 | 2,5 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 1,3 | 2 % | 1 % |
| Pétrole <i>Oil</i> | 76 | 82 | 70 | 68 | 66 | 67 | 51 % | 43 % |
| Gaz <i>Gas</i> | 25 | 33 | 31 | 30 | 30 | 30 | 20 % | 20 % |
| Electricité <i>Electricity</i> | 26 | 33 | 37 | 38 | 38 | 38 | 20 % | 25 % |
| Energies renouvelables <i>Renewable energy</i> | 10 | 11 | 12 | 15 | 16 | 15 | 7 % | 11 % |
| Total énergétique | 142 | 161 | 152 | 152 | 152 | 150 | 100 % | 100 % |

** CGDD Chiffres Clés de l'Energie, Edition Septembre 2018

Source : DGEC Bilan énergétique de la France, Service de l'Observation et des Statistiques, avril 2018

France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par secteur
 France: final energy consumption (corrected for climate) by sector

| Mtep Mtoe | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 | 2016 | variation 2016/1990 % | Parts (%) Share (%) | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|------------------------|------------|------------|
| | | | | | | | | | 1973 | 1980 | 2016 |
| Industrie Industry | 48 | 45 | 31 | 32 | 28 | 26 | 26 | -16,1 | 33 | 22 | 17 |
| Résidentiel-tertiaire Residential-tertiary | 55 | 54 | 56 | 62 | 65 | 67 | 66 | 17,0 | 38 | 40 | 43 |
| Agriculture | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4,7 | 3 | 3 | 3 |
| Transports | 26 | 32 | 38 | 45 | 44 | 45 | 45 | 18,4 | 18 | 27 | 29 |
| Total énergétique Energy total | 132 | 135 | 130 | 143 | 142 | 143 | 142 | 9,1 | 92 | 91 | 92 |
| Total non énergétique Not energy total | 11 | 12 | 13 | 17 | 14 | 14 | 13 | 0,0 | 8 | 9 | 8 |
| Total | 143 | 147 | 143 | 160 | 156 | 157 | 155 | 8 | 100 | 100 | 100 |

Source : DGEC Bilan énergétique de la France, Service de l'Observation et des Statistiques, avril 2018

France : deux scénarios retenus dans le cadre du DNTE (Débat national sur la transition énergétique)

France: two retained scenarios in the DNTE context (National debate on energetic transition)

| DIV * | 2010 % | 2030 % | 2050 % |
|--|------------|------------|------------|
| Pétrole Oil | 42,1 | 26,5 | 16,3 |
| Gaz naturel Natural gas | 20,8 | 20,6 | 13,6 |
| Charbon Coal | 3,7 | 2,4 | 0,9 |
| Electricité Electricity | 24,5 | 28,4 | 26,7 |
| Renouvelables et autres Renewable and others | 8,9 | 22,1 | 42,4 |
| Total énergétique | 100 | 100 | 100 |
| EFF ** | 2010 % | 2030 % | 2050 % |
| Pétrole Oil | 42,1 | 34,2 | 7,2 |
| Gaz naturel Natural gas | 20,8 | 19,3 | 14,5 |
| Charbon Coal | 3,7 | 4,1 | 4,9 |
| Electricité Electricity | 24,5 | 26,3 | 40,0 |
| Renouvelables et autres Renewable and others | 8,9 | 16,0 | 33,4 |
| Total énergétique | 100 | 100 | 100 |

* DIV : diversification des vecteurs énergétiques avec cogénération (valeurs réajustées) (énergie primaire)

DIV : diversification of energetic vectors with cogeneration (adjusted values) (energy primary)

** EFF : efficacité énergétique et développement de l'offre renouvelable (énergie primaire)

EFF : energetic efficiency and renewable supply development (energy primary)

France : bilans électriques 1950 à 2017

France: electricity balances 1950 to 2017

| TWh | Consommation intérieure Consumption | | Echanges avec l'étranger ⁽³⁾ Balance ⁽³⁾ | Production intérieure Inland Production | | | | | | Autres renouv. Other renewables | Total |
|------|---|--|---|---|----------------------|----------------------|----------------|----------------------------------|-----|------------------------------------|-------|
| | Brute ⁽¹⁾ Inland ⁽¹⁾ | Nette ⁽²⁾ Net ⁽²⁾ | | Thermique classique Conventional Thermal | Hydraulique Hydro | Nucléaire Nuclear | Eolien Wind | Photo-voltaïque Photo-voltaic | | | |
| 1950 | 33 | 29 | 0 | 17 | 16 | - | - | - | - | 33 | |
| 1955 | 50 | 44 | 0 | 24 | 26 | - | - | - | - | 50 | |
| 1960 | 72 | 65 | 0 | 32 | 41 | 0 | - | - | - | 72 | |
| 1965 | 102 | 94 | 1 | 54 | 46 | 1 | - | - | - | 101 | |
| 1970 | 140 | 130 | -1 | 79 | 57 | 5 | - | - | - | 141 | |
| 1975 | 181 | 168 | 3 | 101 | 60 | 17 | - | - | - | 179 | |
| 1980 | 249 | 232 | 3 | 119 | 70 | 58 | - | - | - | 247 | |
| 1985 | 303 | 280 | -23 | 52 | 64 | 213 | - | - | - | 329 | |
| 1990 | 350 | 323 | -46 | 45 | 57 | 298 | - | - | - | 400 | |
| 1995 | 397 | 369 | -70 | 37 | 76 | 359 | - | - | - | 471 | |
| 2000 | 441 | 411 | -69 | 50 | 72 | 395 | - | - | - | 517 | |
| 2005 | 482 | 450 | -60 | 59 | 56 | 430 | - | - | 4 | 549 | |
| 2007 | 480 | 448 | -56 | 55 | 63 | 419 | 4,0 | | 3,9 | 545 | |
| 2008 | 495 | 461 | -47 | 53 | 68 | 418 | 5,6 | | 4,0 | 549 | |
| 2009 | 486 | 453 | -25 | 55 | 62 | 390 | 7,8 | | 4,4 | 519 | |
| 2010 | 513 | 476 | -30 | 59 | 68 | 408 | 9,6 | 0,6 | 4,8 | 550 | |
| 2011 | 478 | 443 | -57 | 51 | 50 | 421 | 11,9 | 1,8 | 5,6 | 542 | |
| 2012 | 489 | 453 | -45 | 48 | 64 | 405 | 14,9 | 3,9 | 5,9 | 541 | |
| 2013 | 495 | 460 | -47 | 45 | 75 | 404 | 15,9 | 4,6 | 6,3 | 551 | |
| 2014 | 465 | 455 | -65 | 27 | 68 | 416 | 17,0 | 5,9 | 6,6 | 541 | |
| 2015 | 476 | 466 | -62 | 34 | 59 | 417 | 21,1 | 7,4 | 7,9 | 546 | |
| 2016 | 483 | 448 | -39 | 46 | 64 | 384 | 20,7 | 8,3 | 8,5 | 531 | |
| 2017 | 482 | 448 | -36 | 54 | 54 | 379 | 24,0 | 9,2 | 7,0 | 529 | |

(1) La consommation intérieure brute est égale à la somme de la production nationale et des échanges d'électricité, pertes réseaux incluses **Inland consumption equals domestic generation plus imports minus exports, including networks losses**

(2) La consommation intérieure nette est égale à la consommation intérieure brute moins les pertes de transport et de distribution. **Net consumption equals inland consumption minus transportation and distribution losses**

(3) Echanges : Importations (+), Exportations (-) **Balance: Imports (+), Exports (-)**

Source : RTE et ENEDIS

France : bilan de l'énergie en 2017 - Données réelles

France: energy balance for 2017

| Mtep Mtoe | Charbon Coal | Pétrole Oil | | Gaz Gas | Nucléaire Nuclear | ENRélec ENRE | Electricité totale Electricity | ENR th et déchets RF and waste | Chaleur vendue | Total |
|--|-----------------|----------------|--------------------|------------|----------------------|-----------------|--------------------------------------|---|-------------------|-------|
| | | Brut Crude | Raffiné Refined | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | |
| Production énergie primaire Primary energy production | 0 | 0,9 | 0,4 | 0 | 104 | 7,1 | | 20 | | 132 |
| Importations Imports | 9,5 | 58,5 | 39 | 43 | | | 1,8 | 1 | | 152 |
| Exportations Exports | 0 | 0 | -19 | -5,4 | | | -5,3 | -0,3 | | -24 |
| Stocks | -0,4 | 0 | 0 | 0,7 | | | | | | -0,1 |
| Soutes * Bunkers * | | | -7,6 | 0,7 | | | | | | -6,9 |
| Total ressources primaires Total availability | 9 | 59 | 14 | 39 | 104 | 7 | -4 | 21 | 0 | 248 |
| Consommation nette de la branche énergie Energy branch consumption | 7,9 | 59 | -54 | 8,9 | 104 | 7,1 | -41 | 6,3 | -3,4 | 94 |
| Consommation finale usage énergétique * (A) Final energy consumption (A) | 1,0 | 0 | 54 | 28 | | | 38 | 14,5 | 3,4 | 140 |
| Consommation finale non énergétique (B) Non energetic final consumption (B) | 0,3 | 0 | 13 | 1,1 | | | | | | 14 |
| Consommation brute finale totale (A+B) Total gross energy consumption (A+B) | 1,3 | 0 | 67 | 30 | 0 | 0 | 38 | 15 | 3,4 | 154 |

* Soutes maritimes et aériennes internationales

* International air and marine bunkers

Source : DGEC Bilan énergétique de la France, Service de l'Observation et des Statistiques, avril 2018

France : type d'énergie consommée par secteur en 2016

France: energy by sector 2016

| Mtep Mtoe | Charbon Coal | Pétrole Oil | Gaz Gas | Electricité Electricity | Enr th et déchets RF and waste | Chaleur | Total |
|---|-----------------|--------------------|--------------------|----------------------------|---|---------|-------|
| 2016* | | Raffiné Refined | Naturel Natural | | | | |
| Industries Industries | 1,0 | 2,2 | 9,8 | 10,1 | 1,6 | 1,4 | 26 |
| Résidentiel Residential | 0 | 5,7 | 12 | 14 | 9 | 1,2 | 42 |
| Tertiaire Tertiary | 0 | 2,8 | 6,9 | 12,6 | 0,9 | 0,7 | 24 |
| Agriculture | 0 | 3,4 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | | 5 |
| Transports ⁽⁶⁾ | 0 | 39,7 | 0,1 | 0,9 | 3 | | 44 |
| Consommation finale usage énergétique (A) Final energy consumption (A) | 1,0 | 54 | 29 | 38 | 15 | 3,3 | 140 |
| Consommation finale non-énergétique (B) Non-energetic consumption (B) | 0,3 | 12 | 1,1 | | | | 13 |
| Consommation finale (A+B) Finale consumption (A+b) | 1,3 | 66 | 30 | 38 | 15 | 3,3 | 153 |

* Données 2017 non disponibles

Source : DGEC Bilan énergétique de la France, Service de l'Observation et des Statistiques, avril 2018

PRODUCTION

Monde : capacités électriques installées en 2016

World: 2016 electricity installed capacities

| (GW) 2016 Estimations | Ther- mique conven- tionnel Conven- tional Thermal | Nu- cléaire Nuclear | Hydrau- lique Hydroe- lectric | Bio- énergie Bio- energy | Eolien Wind | Géo- ther- mique Geo- thermal | Solaire PV Solar PV | Solaire thermo- dyna- mique CSP | Marine Marine | Total |
|---|--|---------------------------|--|-----------------------------------|----------------|---|------------------------------|---|------------------|--------------|
| Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾ | 905 | 121 | 194 | 22 | 96 | 5 | 44 | 2 | 0 | 1 389 |
| <i>dont Etats-Unis of which United States</i> | 815 | 105 | 103 | 18 | 81 | 4 | 41 | 2 | - | 1 169 |
| Amérique du Sud et centrale Central & South America | 123 | 4 | 170 | 19 | 15 | 1 | 3 | 0 | - | 335 |
| <i>dont Brésil of which Brazil</i> | 24 | 2 | 97 | 15 | 10 | - | - | - | - | 148 |
| Europe ⁽²⁾ | 561 | 144 | 242 | 44 | 161 | 2 | 105 | 2 | 0 | 1 261 |
| <i>dont UE 28 of which EU 28</i> | 443 | 127 | 153 | 43 | 154 | 1 | 101 | 2 | 0 | 1 024 |
| Eurasie ⁽³⁾ Eurasia ⁽³⁾ | 223 | 28 | 69 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | - | 321 |
| Moyen-Orient Middle East | 292 | 1 | 16 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | 309 |
| Afrique Africa | 166 | 2 | 32 | 1 | 4 | 1 | 2 | - | - | 208 |
| Asie Pacifique Asia Pacific | 1 844 | 112 | 518 | 39 | 189 | 5 | 144 | 0 | 0 | 2 851 |
| <i>dont Chine of which China</i> | 1 021 | 34 | 332 | 12 | 149 | 0 | 77 | 0 | 0 | 1 625 |
| <i>dont Inde of which India</i> | 250 | 7 | 47 | 8 | 29 | - | 9 | 0 | - | 350 |
| Total OCDE OECD Total | 1 706 | 314 | 485 | 77 | 263 | 8 | 198 | 4 | 1 | 3 056 |
| Non OCDE | 2 407 | 99 | 757 | 50 | 203 | 5 | 100 | 1 | | 3 622 |
| Total Monde World Total | 4 113 | 413 | 1 241 | 127 | 466 | 13 | 299 | 5 | 1 | 6 677 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Source : World Energy Outlook 2017, AIE

Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2017
Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2017

| Pays Country | Production électrique totale (TWh nets) Net total generation | Production électrique nucléaire (TWh nets) Net nuclear generation | Part du nucléaire ⁽¹⁾ dans la production % Nuclear share ⁽¹⁾ |
|---|--|---|--|
| Pays nucléaires | 18 047 | 2 488 | 13,8 |
| Afrique du Sud South Africa | 225 | 15 | 6,7 |
| Allemagne Germany | 622 | 72 | 11,6 |
| Argentine Argentina | 127 | 6 | 4,5 |
| Arménie Armenia | 7 | 2 | 32,5 |
| Belgique Belgium | 81 | 40 | 49,9 |
| Brésil Brazil | 552 | 15 | 2,7 |
| Bulgarie Bulgaria | 43 | 15 | 34,3 |
| Canada | 651 | 95 | 14,6 |
| Chine China | 5 969 | 233 | 3,9 |
| Corée du Sud South Korea | 521 | 141 | 27,1 |
| Espagne Spain | 262 | 56 | 21,2 |
| Etats-Unis USA | 4 028 | 806 | 20,0 |
| Finlande Finland | 65 | 22 | 33,2 |
| France | 533 | 382 | 71,6 |
| Hongrie Hungary | 30 | 15 | 50,0 |
| Inde India | 625 | 20 | 3,2 |
| Iran | 291 | 6 | 2,2 |
| Japon Japan | 814 | 29 | 3,6 |
| Mexique Mexico | 177 | 11 | 6,0 |
| Pakistan | 131 | 8 | 6,2 |
| Pays-Bas Netherlands | 114 | 3 | 2,9 |
| Rép.tchèque Czech Republic | 81 | 27 | 33,1 |
| Roumanie Romania | 60 | 11 | 17,7 |
| Royaume-Uni United Kingdom | 331 | 64 | 19,3 |
| Russie Russia | 1 068 | 190 | 17,8 |
| Slovaquie Slovakia | 26 | 14 | 54,0 |
| Slovénie Slovenia | 15 | 6 | 39,1 |
| Suède Sweden | 159 | 63 | 39,6 |
| Suisse Switzerland | 59 | 20 | 33,4 |
| Taiwan (Chine /China) | 232 | 22 | 9,3 |
| Ukraine Ukraine | 146 | 80 | 55,1 |
| Pays non nucléaires ⁽²⁾ | 6 208 | - | - |
| Total ⁽²⁾ | 24 255 | 2 488 | 10,3 |

(1) Part du nucléaire dans la production totale - Share of nuclear electricity in total electricity generation

(2) Source: IEA Key World Energy Statistics 2017

Source : AEA (PRIS Database) 2017

Monde : production d'électricité par source en 2015

World: electricity generation by fuel for 2015

| % | Charbon Coal | Pétrole Oil | Gaz naturel Natural gas | Nucléaire Nuclear | Hydraulique Hydro | Autres Others | Total |
|--|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 29,9 | 1,5 | 30,6 | 17,6 | 12,8 | 7,6 | 100 |
| <i>dont Etats-Unis</i> <i>of which USA</i> | 34,2 | 0,9 | 31,9 | 19,3 | 5,8 | 7,8 | 100 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 4 | 13,5 | 19,7 | 1,8 | 53,4 | 7,9 | 100 |
| <i>dont Brésil</i> <i>of which Brazil</i> | 4,7 | 5,0 | 13,7 | 2,5 | 61,9 | 12,2 | 100 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 24,1 | 1,6 | 16,4 | 24,0 | 16,0 | 17,9 | 100 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 25,8 | 1,9 | 15,5 | 26,8 | 10,6 | 19,4 | 100 |
| <i>dont France</i> <i>of which France</i> | 2,2 | 0,4 | 3,5 | 77,6 | 9,7 | 6,7 | 100 |
| Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 22,2 | 1,2 | 40,6 | 18,0 | 16,7 | 1,3 | 100 |
| Afrique Africa | 32,9 | 11,3 | 36,5 | 1,6 | 15,4 | 2,3 | 100 |
| Asie ⁽⁴⁾ Asia ⁽⁴⁾ | 54,4 | 4,6 | 22,1 | 2,9 | 11,7 | 4,4 | 100 |
| <i>dont Inde</i> <i>of which India</i> | 75,3 | 1,7 | 4,9 | 2,7 | 10,0 | 5,4 | 100 |
| <i>dont Chine</i> <i>of which China</i> | 70,3 | 0,2 | 2,7 | 2,9 | 19,0 | 5,0 | 100 |
| <i>dont Moyen-Orient</i> <i>of which Middle East</i> | 0,0 | 30,7 | 67,3 | 0,3 | 1,7 | 0,0 | 100 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾ | 39,6 | 6,3 | 32,1 | 9,0 | 6,4 | 6,6 | 100 |
| Total Monde World Total | 39 | 4,1 | 22,9 | 10,6 | 16,0 | 7,1 | 100 |
| <i>dont OCDE</i> <i>which OECD</i> | 29,7 | 2,4 | 26,2 | 18,2 | 12,7 | 10,8 | 100 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Source : Bilans Energétiques Monde, AIE, éd 2017 - World Energy Balances, IEA, 2017 ed.

Monde : production d'électricité par source en 2016

World: gross electricity production by source for 2016

| % | Charbon Coal | Pétrole Oil | Gaz naturel Natural Gas | Nucléaire Nuclear | Hydrau Hydro | Solar Wind Tide | Biofuels Waste | Total |
|-----------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------|------------|
| Total Monde World total | 38,3 | 3,7 | 23,1 | 10,4 | 16,6 | 5,6 | 2,3 | 100 |
| non OCDE | 46,5 | 4,9 | 19,8 | 4,6 | 19,1 | 3,5 | 1,5 | 100 |
| OCDE | 27 | 2,0 | 27,3 | 17,7 | 13,3 | 9,6 | 3,2 | 100 |
| EU-28 | | | 48,3 | 25,6 | 10,3 | 15,7 | 0,2 | 100 |

Source: World Energy Balances, IEA, 2018 ed.

Monde : production d'électricité

World: electricity generation

| TWh | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | %/an 2000- 2010 %/year | %/an 2010- 2016 %/year |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 3 819 | 4 877 | 5 295 | 5 351 | 5 367 | 5 307 | 0,7 | 0,2 |
| <i>dont Etats-Unis of which USA</i> | 3 203 | 4 026 | 4 354 | 4 297 | 4 300 | 4 234 | 0,7 | -0,2 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 489 | 763 | 1 069 | 1 223 | 1 228 | | 3,1 | 2,0 |
| <i>dont Brésil of which Brazil</i> | 223 | 349 | 516 | 582 | 579 | 588 | 3,6 | 1,7 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 2 668 | 3 227 | 3 619 | 3 559 | 3 599 | 3 648 | 1,0 | -0,1 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 2 577 | 3 006 | 3 336 | 3 205 | 3 228 | | 1,0 | -0,5 |
| <i>dont France of which France</i> | 417 | 535 | 564 | 565 | 551 | 549 | 0,5 | -0,3 |
| Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 1 888 | 1 428 | 1 693 | 1 738 | 1 764 | | 1,6 | 0,6 |
| Afrique Africa | 316 | 442 | 672 | 786 | 801 | | 3,9 | 2,5 |
| Asie Asia | 2 780 | 4 747 | 9 263 | 11 848 | 12 447 | | 6,3 | 4,3 |
| <i>dont Chine of which China</i> | 650 | 1 387 | 4 236 | 5 882 | 6 225 | | 10,7 | 5,7 |
| <i>dont Inde of which India</i> | 293 | 570 | 980 | 1 373 | 1 478 | | 5,1 | 6,0 |
| <i>dont Moyen-Orient of which Middle East</i> | 224 | 430 | 833 | 1 048 | 1 080 | | 6,2 | 3,8 |
| Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 1 173 | 1 638 | 1 973 | 1 951 | 1 977 | 2 009 | 1,7 | 0,0 |
| Total Monde World total | 11 852 | 15 441 | 21 484 | 24 284 | 24 973 | | 3,0 | 2,2 |
| <i>dont OCDE of which OECD</i> | 7 661 | 9 742 | 10 887 | 10 862 | 10 943 | 10 965 | 1,0 | 0,1 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Le nombre «Total Monde» n'est pas égal à la somme des précédentes lignes car certains pays sont inclus dans plusieurs regroupements.

Source : *Bilans Energétiques Monde, AIE, éd 2018 - World Energy Balances, IEA, 2018 ed.*

Monde : demande en électricité, scénario central du WEO 2017 (New policies, mise en place des politiques annoncées*)

World: electricity demand in the reference scenario of WEO 2017 (New Policies Scenario*)

| | 2000 | | 2016 | | 2020 | | 2025 | | 2030 | | 2040 | |
|--|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | TWh | % | TWh | % | TWh | % | TWh | % | TWh | % | TWh | % |
| Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾ | 4 261 | 32 | 4 694 | 22 | 4 866 | 21 | 5 017 | 19 | 5 208 | 18 | 5 651 | 16 |
| <i>dont Etats-Unis</i> <i>of which US</i> | 3 590 | 27 | 3 886 | 18 | 4 027 | 17 | 4 131 | 16 | 4 266 | 15 | 4 570 | 13 |
| Amérique du Sud et Centrale ⁽²⁾ Central & South America ⁽²⁾ | 660 | 5 | 1 063 | 5 | 1 164 | 5 | 1 308 | 5 | 1 479 | 5 | 1 858 | 5 |
| <i>dont Brésil</i> <i>of which Brazil</i> | 327 | 2 | 512 | 2 | 559 | 2 | 617 | 2 | 690 | 2 | 852 | 2 |
| Europe ⁽³⁾ | 3 114 | 24 | 3 555 | 17 | 3 698 | 16 | 3 790 | 15 | 3 902 | 14 | 4 194 | 12 |
| UE 28 ⁽⁴⁾ EU 28 ⁽⁴⁾ | 2 605 | 20 | 2 857 | 13 | 2 947 | 13 | 2 980 | 12 | 3 026 | 11 | 3 178 | 9 |
| Eurasie ⁽⁵⁾ Eurasia ⁽⁵⁾ | 809 | 6 | 1 065 | 5 | 1 120 | 5 | 1 193 | 5 | 1 273 | 4 | 1 432 | 4 |
| <i>dont Russie</i> <i>of which Russia</i> | 677 | 5 | 865 | 4 | 896 | 4 | 934 | 4 | 985 | 3 | 1 069 | 3 |
| Moyen-Orient ⁽⁶⁾ Middle East ⁽⁶⁾ | 359 | 3 | 910 | 4 | 974 | 4 | 1 118 | 4 | 1 337 | 5 | 1 798 | 5 |
| Afrique Africa | 385 | 3 | 655 | 3 | 736 | 3 | 885 | 3 | 1 099 | 4 | 1 707 | 5 |
| Asie Pacifique ⁽⁷⁾ Asia Pacific ⁽⁷⁾ | 3 611 | 27 | 9 433 | 44 | 10 738 | 46 | 12 551 | 49 | 14 434 | 50 | 17 827 | 52 |
| <i>dont Inde</i> <i>of which India</i> | 376 | 3 | 1 102 | 5 | 1 383 | 6 | 1 880 | 7 | 2 449 | 9 | 3 606 | 10 |
| <i>dont Chine</i> <i>of which China</i> | 1 174 | 9 | 5 320 | 25 | 6 087 | 26 | 7 018 | 27 | 7 905 | 28 | 9 230 | 27 |
| Monde (demande en électricité) World (electricity demand) | 13 199 | 100 | 21 375 | 100 | 23 296 | 100 | 25 862 | 100 | 28 732 | 100 | 34 467 | 100 |
| Monde (production d'électricité) World (electricity generation) | 15 477 | | 24 770 | | | | 29 657 | | 32 864 | | 39 290 | |
| Charbon Coal | 6 005 | 39 | 9 282 | 37 | | | 9 675 | 33 | 9 880 | 30 | 10 086 | 26 |
| Pétrole Oil | 1 259 | 8 | 1 006 | 4 | | | 719 | 2 | 621 | 2 | 491 | 1 |
| Gaz Gas | 2 753 | 18 | 5 850 | 24 | | | 6 730 | 23 | 7 581 | 23 | 9 181 | 23 |
| Nucléaire Nuclear | 2 591 | 17 | 2 611 | 11 | | | 3 217 | 11 | 3 440 | 10 | 3 844 | 10 |
| Hydraulique Hydro | 2 619 | 17 | 4 070 | 16 | | | 4 804 | 16 | 5 344 | 16 | 6 193 | 16 |
| Biomasse et déchets Biomass & Wast | 164 | 1,1 | 570 | 2 | | | 867 | 3 | 1 036 | 3 | 1 424 | 4 |
| Eolien Wind | 31 | 0,2 | 981 | 4 | | | 2 192 | 7 | 2 837 | 9 | 4 270 | 11 |
| Geothermique Geothermal | 52 | 0,3 | 86 | 0,3 | | | 140 | 0,5 | 197 | 0,6 | 349 | 1 |
| Solaire PV Solar PV | 1 | 0,0 | 303 | 1,2 | | | 1 264 | 4 | 1 827 | 6 | 3 162 | 8 |
| Solaire thermodynamique CSP | 1 | 0,0 | 11 | 0,0 | | | 44 | 0,1 | 89 | 0,3 | 237 | 0,6 |
| Marine Marine | 1 | 0,0 | 1 | 0,0 | | | 4 | 0,0 | 12 | 0,0 | 53 | 0,1 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

* Continuité des politiques déjà mises en place et prise en compte des nouvelles mesures annoncées

* Incorporates policies and measures that governments around the world have already put in place, and takes into account the effects of announced policies, as expressed in official targets and plans.

Source : World Energy Outlook 2017, AIE

Europe : évolution de la production électrique
Europe: evolution of electricity generation

| TWh | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | %/an %/year 1980- 2000 | %/an %/year 2000- 2016 |
|--------------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Allemagne <i>Germany</i> | 466 | 548 | 572 | 627 | 641 | 644 | 649 | 1,0 | 0,7 |
| Autriche <i>Austria</i> | 42 | 49 | 60 | 68 | 62 | 65 | 67 | 1,7 | 0,5 |
| Belgique <i>Belgium</i> | 53 | 70 | 83 | 94 | 69 | 84 | 85 | 2,1 | 0,1 |
| Bulgarie <i>Bulgaria</i> | 35 | 42 | 41 | 46 | 49 | 45 | 45 | 0,7 | 0,6 |
| Chypre <i>Cyprus</i> | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5,8 | 2,2 |
| Croatie <i>Croatia</i> | | 9 | 11 | 15 | 11 | 13 | 12 | | 0,7 |
| Danemark <i>Denmark</i> | 27 | 26 | 36 | 39 | 29 | 31 | 30 | 1,4 | -1,0 |
| Espagne <i>Spain</i> | 109 | 151 | 221 | 298 | 278 | 271 | 272 | 3,4 | 1,2 |
| Estonie <i>Estonia</i> | | 17 | 9 | 13 | 10 | 12 | 13 | | 2,1 |
| Finlande <i>Finland</i> | 41 | 54 | 70 | 81 | 69 | 69 | 67 | 2,6 | -0,1 |
| France | 257 | 417 | 535 | 564 | 565 | 551 | 549 | 3,5 | 0,2 |
| Grèce <i>Greece</i> | 23 | 35 | 53 | 57 | 52 | 54 | 59 | 4,2 | 0,1 |
| Hongrie <i>Hungary</i> | 24 | 28 | 35 | 37 | 30 | 32 | 33 | 1,9 | -0,6 |
| Irlande <i>Ireland</i> | 11 | 14 | 24 | 28 | 28 | 30 | 31 | 3,9 | 1,4 |
| Italie <i>Italy</i> | 183 | 213 | 270 | 299 | 282 | 288 | 293 | 1,9 | 0,4 |
| Lettonie <i>Latvia</i> | | 7 | 4 | 7 | 6 | 6 | 8 | | 2,6 |
| Lituanie <i>Lithuania</i> | | 28 | 11 | 5 | 4 | 4 | | | -6,3 |
| Luxembourg | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | -3,7 | 3,7 |
| Malte <i>Malta</i> | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6,3 | -4,6 |
| Pays-Bas <i>Netherlands</i> | 65 | 72 | 90 | 119 | 110 | 115 | 117 | 1,6 | 1,5 |
| Pologne <i>Poland</i> | 121 | 134 | 143 | 157 | 164 | 166 | 170 | 0,8 | 0,9 |
| Portugal | 15 | 28 | 43 | 54 | 51 | 59 | 58 | 5,1 | 1,8 |
| Rép. Slovaque <i>Slovak Republic</i> | 20 | 26 | 31 | 27 | 27 | 27 | 26 | 2,1 | -0,8 |
| Rép. Tchèque <i>Czech Republic</i> | 53 | 62 | 73 | 85 | 83 | 82 | 86 | 1,6 | 0,7 |
| Roumanie <i>Romania</i> | 67 | 64 | 52 | 61 | 66 | 65 | 64 | -1,2 | 1,3 |
| Royaume-Uni <i>United Kingdom</i> | 284 | 318 | 374 | 379 | 336 | 336 | 333 | 1,3 | -0,6 |
| Slovénie <i>Slovenia</i> | | 12 | 14 | 16 | 15 | 16 | 16 | | 1,0 |
| Suède <i>Sweden</i> | 96 | 146 | 145 | 148 | 162 | 156 | 160 | 2,0 | 0,4 |
| UE 28 EU 28 | | 2 577 | 3 006 | 3 336 | 3 205 | 3 228 | | | 0,4 |

Source : World Energy Balances, IEA, 2018 ed.

Europe : part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2015, 2016 et objectifs 2020

Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2015, 2016 and national overall targets in 2020

| | 2015 | 2016 | 2020 |
|---|---------------|---------------|-------------|
| Allemagne <i>Germany</i> | 14,6 % | 14,8 % | 18 % |
| Autriche <i>Austria</i> | 33,0 % | 33,5 % | 34 % |
| Belgique <i>Belgium</i> | 7,9 % | 8,7 % | 13 % |
| Bulgarie <i>Bulgaria</i> | 18,2 % | 18,8 % | 16 % |
| Chypre <i>Cyprus</i> | 9,4 % | 9,3 % | 13 % |
| Croatie <i>Croatia</i> | 29,0 % | 28,3 % | 20 % |
| Danemark <i>Denmark</i> | 30,8 % | 32,2 % | 30 % |
| Espagne <i>Spain</i> | 16,2 % | 17,3 % | 20 % |
| Estonie <i>Estonia</i> | 28,6 % | 28,8 % | 25 % |
| Finlande <i>Finland</i> | 39,3 % | 38,7 % | 38 % |
| France | 15,2 % | 16,0 % | 23 % |
| Grèce <i>Greece</i> | 15,4 % | 15,2 % | 18 % |
| Hongrie <i>Hungary</i> | 14,5 % | 14,2 % | 13 % |
| Irlande <i>Ireland</i> | 9,2 % | 9,5 % | 16 % |
| Italie <i>Italy</i> | 17,5 % | 17,4 % | 17 % |
| Lettonie <i>Latvia</i> | 37,6 % | 37,2 % | 40 % |
| Lituanie <i>Lithuania</i> | 25,8 % | 25,6 % | 23 % |
| Luxembourg | 5,0 % | 5,4 % | 11 % |
| Malte <i>Malta</i> | 5,0 % | 6,0 % | 10 % |
| Pays-Bas <i>Netherlands</i> | 5,8 % | 6,0 % | 14 % |
| Pologne <i>Poland</i> | 11,8 % | 11,3 % | 15 % |
| Portugal | 28,0 % | 28,5 % | 31 % |
| Rep. Tchèque <i>Czech Republic</i> | 15,1 % | 14,9 % | 13 % |
| Roumanie <i>Romania</i> | 24,8 % | 25,0 % | 24 % |
| Royaume-Uni <i>United Kingdom</i> | 8,2 % | 9,3 % | 15 % |
| Slovaquie <i>Slovakia</i> | 12,9 % | 12,0 % | 14 % |
| Slovénie <i>Slovenia</i> | 22,0 % | 21,3 % | 25 % |
| Suède <i>Sweden</i> | 53,8 % | 53,8 % | 49 % |
| Union européenne 28 <i>European Union 28</i> | 16,7 % | 17,0 % | 20 % |

Source : EurObserver 2018

Sources de chaleur utilisées dans le secteur résidentiel en Europe Heating sources in residential buildings

| Régions européennes (UE + Russie + Ukraine + Royaume-Uni) EU regions (EU+Russia+Ukraine+UK) | | | |
|--|--------------|----------------------------------|------------------------------|
| Source de chaleur Heat source / fuel | Sud South | Centrale & Est Central & East | Nord & Ouest North & West |
| Biomasse Biomass | 27 % | 20 % | 21 % |
| Electricité Electricity | 18 % | 1 % | 13 % |
| Pétrole Oil | 32 % | 3 % | 20 % |
| Gaz Gas | 23 % | 7 % | 39 % |
| Réseaux de chaleur DH | 0 % | 29 % | 6 % |
| Charbon Coal | 0 % | 41 % | 1 % |

Source : Intelligent Energy Europe Programme (2015)

Sources de chaleur fournie aux réseaux de chaleur de l'Union européenne en 2014

Heath supplied into all DH systems in the EU according to four heat supply methods in 2014

| Méthode de fourniture de la chaleur Heat supply method | |
|--|------|
| Chaleur recyclée, cogénération fossile et industries Recycled heat, fossil CHP and industries | 56 |
| Renouvelables, usage direct (géothermie, biomasse et ordures ménagères) Renewables, direc use (geothermal, biomass and waste) | 9 |
| Chaleur recyclée, cogénération renouvelable (biomasse et ordures ménagères) Recycled heat, renewable CHP (waste and biomass) | 17,8 |
| Chaleur recyclée, cogénération nucléaire Recycled heat, nuclear plants | 0,17 |

Source : Werner 2017

France : production primaire d'énergies renouvelables* France: renewable primary energy production*

| % | 2015 * | 2016 * |
|---|-------------|-------------|
| Bois énergie Wood for energy | 40 | 41,2 |
| Hydraulique renouvelable Renewable Hydroelectricity | 20 | 19,8 |
| Biocarburants Biofuels | 11 | 9,3 |
| Eolien Wind | 8 | 7,1 |
| Pompes à chaleur Heat pump | 8 | 8,4 |
| Déchets renouvelables Renewable waste | 5 | 5,9 |
| Solaire PV Solar PV | 3 | 2,7 |
| Biogaz Biogas | 2 | 2,9 |
| Géothermie Geothermal energy | 0,9 | 1,3 |
| Résidus de l'agriculture et des industries agro-alimentaires Agriculture and food industry waste | 1 | 0,9 |
| Solaire thermique Thermal solar | 0,4 | 0,4 |
| Energies marines Sea energy | 0,2 | 0,2 |
| Tota production primaire ENR en Mtep | 23,0 | 26,5 |
| Total Consommation finale ENR en Mtep | | 23,4 |

* Dernière année disponible

Source : SOeS

France : capacités et production électrique

France: electricity capacities and production

| | | 2010 | 2012 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Production brute (TWh) | | 565 | 563 | 568 | 556 | |
| | Production nette (TWh) | 550 | 541 | 541 | 546 | 531 | 529 |
| | Pertes sur réseau ENEDIS (TWh) | 24 | 24 | 21 | 22 | 23 | 23 |
| | Pertes sur réseau RTE (2,5 %) (TWh) | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| | Pertes sur tous les réseaux (TWh) | 37 | 36 | 34 | 35 | 34 | 34 |
| Nucléaire | Capacité (GW) | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| | Production (TWh) | 408 | 405 | 416 | 417 | 384 | 379 |
| | Facteur de charge | 38 % | 25 % | 16 % | 23 % | 34 % | 39 % |
| Gaz | Capacité (GW) | 9 | 11 | 10 | 11 | 12 | 12 |
| | Production (TWh) | 30 | 23 | 14 | 22 | 35 | 41 |
| | Facteur de charge | 38 % | 25 % | 16 % | 23 % | 34 % | 39 % |
| Charbon | Capacité (GW) | 8 | 8 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| | Production (TWh) | 19 | 18 | 8 | 9 | 7 | 10 |
| | Facteur de charge | 28 % | 26 % | 19 % | 33 % | 28 % | 37 % |
| Fioul | (Capacité GW) | 10 | 9 | 9 | 9 | 7 | 4 |
| | Production (TWh) | 8 | 7 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| | Facteur de charge | 9 % | 8 % | 6 % | 4 % | 5 % | 11 % |
| Hydraulique | Capacité (GW) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 |
| | Production (TWh) | 68 | 64 | 68 | 59 | 64 | 54 |
| | Facteur de charge | 31 % | 29 % | 31 % | 26 % | 29 % | 24 % |
| Eolien | Capacité (GW) | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 |
| | Production (TWh) | 10 | 15 | 17 | 21 | 21 | 24 |
| | Facteur de charge | 20 % | 23 % | 21 % | 23 % | 20 % | 20 % |
| PV | Capacité (GW) | 1 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | Production (TWh) | 1 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Facteur de charge | 9 % | 13 % | 13 % | 14 % | 14 % | 14 % |
| Combustion * | Capacité (GW) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Production (TWh) | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| | Facteur de charge | 46 % | 48 % | 48 % | 53 % | 51 % | 53 % |

* Biomasse et déchets

Source : 'Bilan Electrique RTE 2017

France : échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2017

France: cross-border contractual electricity exchanges in 2017

| TWh | Exportations | Importations | Solde exportateur |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| CWE* | 8,7 | 19,6 | -10,9 |
| Espagne <i>Spain</i> | 17,1 | 4,6 | 12,5 |
| Grande Bretagne <i>United Kingdom</i> | 11,8 | 3,9 | 7,9 |
| Italie <i>Italy</i> | 18,9 | 0,7 | 18,2 |
| Suisse <i>Switzerland</i> | 17,7 | 7,4 | 10,3 |
| Total France | 74,2 | 36,2 | 38,0 |

* Central West Europe (France, Belgique, Allemagne, Luxembourg et Pays-Bas).

* Central West Europe (France, Belgium, Germany, Luxembourg and Netherlands)

Source : *Bilan électrique français 2017, RTE Ed 2018*

Puissances maximales appelées par le réseau en France (GWe)

Peak load demand of the french grid (GWe)

| | | | |
|------|----------------------|----------------------|-----------|
| 1950 | jeudi 21 décembre | Thursday December 21 | 6,6 GWe |
| 1960 | jeudi 15 décembre | Thursday December 15 | 12,9 GWe |
| 1970 | vendredi 18 décembre | Friday December 18 | 23,3 GWe |
| 1980 | mardi 9 décembre | Tuesday December 9 | 44,1 GWe |
| 1990 | lundi 17 décembre | Monday December 17 | 63,4 GWe |
| 2000 | mercredi 12 janvier | Wednesday January 12 | 72,4 GWe |
| 2005 | lundi 28 février | Monday February 28 | 86 GWe |
| 2010 | jeudi 11 février | Thursday February 11 | 93,1 GWe |
| 2012 | mercredi 8 février | Wednesday February 8 | 102,1 GWe |
| 2013 | jeudi 17 janvier | Thursday January 17 | 92,6 GWe |
| 2014 | mardi 9 décembre | Tuesday December 9 | 82,5 GWe |
| 2015 | vendredi 6 février | Friday February 6 | 91,6 GWe |
| 2016 | lundi 18 janvier | Monday January 18 | 88,6 GWe |
| 2017 | vendredi 20 janvier | Friday January 20 | 94,0 GWe |

Source : *Bilan électrique 2016, RTE ed. 2017*

**ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
ET ÉLECTRONUCLÉAIRE**

ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER

Principales caractéristiques des filières électronucléaires

Main characteristics of reactor types

| Filières regroupées Reactor type groups | Filière Type | Caloporteur Coolant | | Modérateur Moderator | Combustible Fuel |
|---|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| Graphite-gaz Gas-graphite | AGR | CO ₂ | Advanced gas cooled | | UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ |
| | MGUNGG | CO ₂ | Magnox gas cooled | Graphite | U naturel Natural U |
| | HTR (GT-MHR, PBMR) | He | High temperature | | UO ₂ , UC ₂ , ThO ₂ ... |
| Eau lourde Heavy water | PHWR | Eau lourde Heavy water | Sous pression Pressurized | Eau lourde Heavy water | UO ₂ naturel ou enrichi Natural or enriched UO ₂ |
| Eau ordinaire Light water& | BWR (ABWR) | Eau ordinaire Light water | Bouillante Boiling | | UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ ou or |
| | PWR (APWR, WWER) | Eau ordinaire Light water | Sous pression Pressurized | Eau ordinaire Light water | UO ₂ enrichi et Mox Enriched UO ₂ and MOX |
| Neutrons rapides Fast reactor | Surgénérateur Breeder | Sodium | | | UO ₂ enrichi - PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂ |
| Eau graphite Water graphite | RBMK (LWGR) | Eau ordinaire Light water | Bouillante Boiling | Graphite | UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ |
| Eau ordinaire - eau lourde Light water - heavy water | HWLWR (ATR) | Eau ordinaire Light water | Bouillante Boiling | Eau lourde Heavy water | UO ₂ enrichi -PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂ |

ABWR, APWR, GT-MHR , PBMR : modèles avancés de réacteurs (Advanced reactor type).

Source : CEA - Elecnucl

GESTION DU COMBUSTIBLE

Le cœur d'un réacteur est constitué d'un certain nombre d'assemblages. Lors de la première charge, tous les assemblages sont neufs ; par la suite, seule une partie des assemblages est renouvelée à chaque arrêt pour rechargement. Pour décrire la gestion du combustible, on distingue la fraction du cœur déchargée (tiers ou quart du cœur) et la durée entre deux arrêts (annuel ou allongé par exemple à 18 mois). Les cœurs mixés ont actuellement une gestion hybride : arrêts annuels et renouvellement par tiers de cœur pour le Mox et par quart de cœur pour l'UO₂.

France : caractéristiques des REP ⁽¹⁾ 900, 1300 et 1450 MWe

France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's ⁽¹⁾

| Principales caractéristiques Main characteristics | REP 900 MWe PWR 900 | | REP 1300 MWe PWR 1300 | | REP 1450 MWe PWR 1450 |
|--|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
| Puissance électrique nette (MWe) Net electric capacity (Mwe) | 880 à 915 | | 1 300 à 1 335 | | 1 455 |
| Puissance thermique (MWth) Thermal power (MWth) | 2 775 | | 3 800 | | 4 250 |
| Rendement (%) Efficiency (%) | 31,7 à 33,0 | | 34,2 à 35,1 | | 34,2 |
| Nombre d'assemblages de combustible Number of fuel Assemblies | 157 | | 193 | | 205 |
| Nombre de crayons par assemblage Number of rods per assembly | 264 | | 264 | | 264 |
| Poids d'uranium par assemblage (kg) Weight of uranium per assembly (kg) | 461,7 | | 538,5 | | 538,5 |
| Première charge Initial Loading | | | | | |
| Masse d'uranium enrichi (tonnes) Weight of enriched uranium (t) | 72,5 | | 104 | | 110,5 |
| Enrichissement initial moyen (%) Average initial enrichment (%) | 2,43 | | 2,28 | | 2,29 |
| Besoin en uranium naturel (tonnes) Natural uranium requirements (t) ⁽⁶⁾ | 316 | | 423 | | 449 |
| Besoin en enrichissement (milliers d'UTS) Enrichment requirements (103SWU) | 225 | | 294 | | 312 |
| Recharge à l'équilibre Equilibrium reload | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Nombre d'assemblage par recharge Number of assemblies per reload | 40 | 28 (+16) | 64 | 64 | 69 |
| Masse de métal lourd (tonnes) Weight of heavy metal (t) | 18,5 | 12,9 (+7,4) | 34,5 | 34,5 | 37,2 |
| Enrichissement (%) Enrichment (%) | 3,7 | 3,7 | 3,1 | 4,0 | 3,4 |
| Besoin en uranium naturel (tonnes) ⁽⁷⁾ Natural uranium requirements (t) ⁽⁷⁾ | 153 | 107 (+0) ⁽⁸⁾ | 235 | 310 | 280 |
| Besoin en enrichissement (milliers d'UTS) ⁽⁷⁾ Enrichment requirements (103 SWU) ⁽⁷⁾ | 87 | 61 (+0) ⁽⁸⁾ | 124 | 182 | 154 |
| Irradiation moyenne (MWj/t) Burn-up (MWd/t) | 41 200 | (33 800) | 32 100 | 43 500 | 39 000 |
| Séjour en réacteur (mois) Fuel residence time (months) | 48 | 48 (38) | 38 | 54 | 36 |

(1) Rechargement par quart de cœur (annuel) Reload by 1/4 core

(2) Rechargement (MOX) par tiers de cœur (annuel) Reload by 1/3 core (MOX)

(3) Rechargement par tiers de cœur (annuel) Reload by 1/3 core

(4) Rechargement par tiers de cœur (allongé à 18 mois) Reload by 1/3 core (18 months)

(5) Prévisionnel par tiers de cœur, susceptible de modification Reload by 1/3 (forecast)

(6) Pour un taux de rejet de 0,25 % Assuming 0,25% tails assay and no losses

(7) Pour un taux de rejet de 0,3 % Assuming 0,3% tails assay and no losses

(8) MOX fabriqué avec de l'U appauvri MOX manufactured from depleted U

Source : CEA

Parc électronucléaire français au 01/01/2017

58 unités installées représentant 63 GWe

Nuclear power plants in France - Status as of 2017/01/01

| Regroupement par filière Reactor type | Nom des unités Name of the unit | Puissance - MWe nets Net capacity MWe operation | Année de MSI Year of commercial operation |
|--|------------------------------------|---|---|
| | Fessenheim-1 | 880 | 1978 |
| | Fessenheim-2 | 880 | 1978 |
| | Bugey-2 | 910 | 1979 |
| | Bugey-3 | 880 | 1979 |
| | Bugey-4 | 880 | 1979 |
| | Bugey-5 | 900 | 1980 |
| | Dampierre-1 | 890 | 1980 |
| | Gravelines-1 | 915 | 1980 |
| | Tricastin-1 | 880 | 1980 |
| | Tricastin-2 | 880 | 1980 |
| | Gravelines-2 | 915 | 1980 |
| | Dampierre-2 | 890 | 1981 |
| | Dampierre-3 | 890 | 1981 |
| 58 unités REP 58 PWR units | Gravelines-3 | 915 | 1981 |
| 62,9 GWe nets | Gravelines-4 | 915 | 1981 |
| 62,9 net GWe | Tricastin-3 | 880 | 1981 |
| | Tricastin-4 | 880 | 1981 |
| | Dampierre-4 | 890 | 1981 |
| | Blayais-1 | 910 | 1981 |
| 34 REP-900 34 PWR-900 | Saint-Laurent-B-1 | 890 | 1983 |
| 30 660 MWe | Saint-Laurent-B-2 | 890 | 1983 |
| | Blayais-2 | 910 | 1983 |
| 20 REP-1300 20 PWR-1300 | Blayais-3 | 910 | 1983 |
| 26 370 MWe | Blayais-4 | 910 | 1983 |
| | Chinon-B-1 | 920 | 1984 |
| | Cruas-Meyssse-1 | 915 | 1984 |
| | Chinon-B-2 | 920 | 1984 |
| | Cruas-Meyssse-3 | 915 | 1984 |
| | Gravelines-5 | 915 | 1985 |
| | Paluel-1 | 1 330 | 1985 |
| | Cruas-Meyssse-2 | 915 | 1985 |
| | Paluel-2 | 1 330 | 1985 |
| | Cruas-Meyssse-4 | 915 | 1985 |
| | Gravelines-6 | 915 | 1985 |
| | Paluel-3 | 1 330 | 1986 |
| | Saint-Alban-1 | 1 335 | 1986 |
| | Paluel-4 | 1 330 | 1986 |
| | Flamanville-1 | 1 330 | 1986 |
| | Saint-Alban-2 | 1 335 | 1987 |
| | Chinon-B-3 | 920 | 1987 |
| | Flamanville-2 | 1 330 | 1987 |

| Regroupement par filière Reactor type | Nom des unités Name of the unit | Puissance - MWe nets Net capacity MWe operation | Année de MSI Year of commercial |
|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | Cattenom-1 | 1 300 | 1987 |
| | Cattenom-2 | 1 300 | 1988 |
| | Nogent-1 | 1 310 | 1988 |
| | Chinon-B-4 | 920 | 1988 |
| | Belleville-1 | 1 310 | 1988 |
| | Belleville-2 | 1 310 | 1989 |
| | Nogent-2 | 1 310 | 1989 |
| | Penly-1 | 1 330 | 1990 |
| | Golfech-1 | 1 310 | 1991 |
| | Cattenom-3 | 1 300 | 1991 |
| | Cattenom-4 | 1 300 | 1992 |
| | Penly-2 | 1 330 | 1992 |
| | Golfech-2 | 1 310 | 1994 |
| Palier N4 N4 series | Chooz-B-1 | 1 455 | 2000 |
| 4 REP-1450 4 PWR-1450 | Chooz-B-2 | 1 455 | 2000 |
| 5 810 MWe nets | | | |
| | Civaux-1 | 1 450 | 2002 |
| | Civaux-2 | 1 450 | 2002 |

Source : AIEA

France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP ⁽¹⁾

France: Uranium and fuel cycle services requirements ⁽¹⁾

| | | 2015 | 2016 | 2020 ⁽¹⁾ |
|---|--------------------------|-------|-------|---------------------|
| Puissance électronucléaire nette installée Installed nuclear capacity | (GWe) | 63 | 63 | 63 |
| Production nette d'électricité nucléaire Nuclear electricity generation | (TWh) | 417 | 384 | 422 |
| Besoins en uranium naturel Natural Uranium requirements | (tU/an) | 8 000 | 8 000 | 8 000 |
| Besoins en services d'enrichissement Enrichment requirements | (10 ³ UTS/an) | 6 000 | 6 500 | 6 500 |
| Besoins en fabrication Manufacturing requirements | | | | |
| • de combustible REP U ₂₃₅ • U ₂₃₅ PWR fuel manufacturing requirements | (t ML/an) (t HM/year) | 1 050 | 1 050 | 1 050 |
| • de combustible MOX pour REP • MOX fuel for PWR | (t ML/an) (t HM/year) | 120 | 120 | 125 |
| Quantités de combustible irradié produites PWR spent fuel arisings | (t ML/an) (t HM/year) | 1 150 | 1 150 | 1 150 |

(1) Estimations Estimates

t ML : tonnes de Métal Lourd t HM : tonnes Heavy Metal

UTS : Unités de Travail de Séparation

Source : Données sur l'énergie nucléaire, AEN, éd 2017

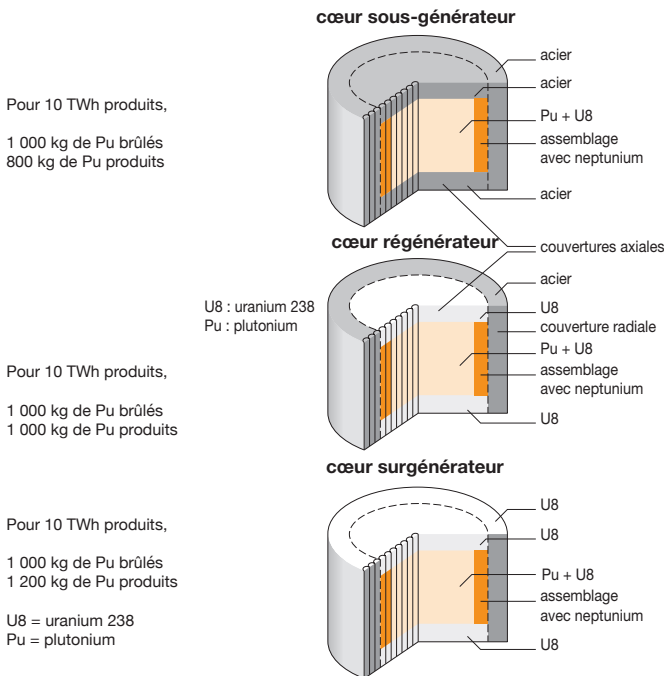
Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides

Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) ont été développés pour leur capacité à transformer l'uranium 238, non fissile, qui constitue plus de 99 % de l'uranium naturel, en plutonium fissile.

Ils utilisent comme combustible du plutonium et consomment de l'ordre de 800 kg par an pour une puissance électrique de 1 200 MWe. Un RNR peut fonctionner en mode surgénérateur, avec des couvertures radiale et axiale à base d'uranium 238 : il produit alors plus de plutonium (Pu) qu'il n'en consomme. Mais il peut aussi fonctionner en mode régénérateur, avec une couverture radiale en acier (production de Pu égale à la consommation) ou en mode sous-générateur, avec des couvertures radiale et axiale en acier. Dans ce cas, son bilan aboutit à une consommation nette de plutonium (environ 200 kg pour 10 TWh produits). Les RNR présentent en outre la caractéristique de pouvoir « brûler » les différents isotopes du plutonium issus du traitement des combustibles des réacteurs à eau sous pression. Il est également possible de les utiliser comme incinérateurs d'autres éléments radioactifs, appelés actinides (neptunium, américium...). Les neutrons rapides permettent la « transmutation » de ces éléments, qui sont des déchets radioactifs à vie longue, en déchets radioactifs à vie courte. Ce potentiel incinérateur des réacteurs à neutrons rapides, déjà expérimenté à Marcoule dans Phénix, fait l'objet de recherches de la plupart des principaux pays producteurs d'électricité d'origine nucléaire. C'est un des axes d'étude préconisés par la loi du 30 décembre 1991. Dans tous les cas, l'énergie électrique produite reste la même.

Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides

The fast neutron reactor as an actinide incinerator



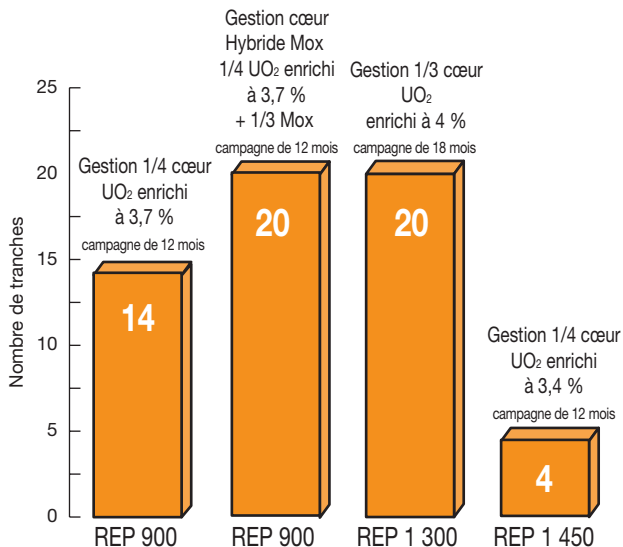
Source : « Les colonnes de Creys » n° 10

CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

L'uranium naturel extrait du minerai est constitué de 99,3 % d'uranium 238, inerte, et de 0,7 % d'uranium 235, seul susceptible de produire de l'énergie par fission. L'enrichissement permet d'obtenir un combustible UO_2 (oxyde d'uranium) dont la teneur en isotope 235 est portée à environ 3,5 %. Pendant le séjour du combustible dans le réacteur il se forme du plutonium. Celui-ci est séparé lors de l'opération de traitement et peut servir alors à fabriquer du combustible Mox, mélange d'oxydes de plutonium et d'uranium appauvri, ou encore à alimenter les réacteurs à neutrons rapides.

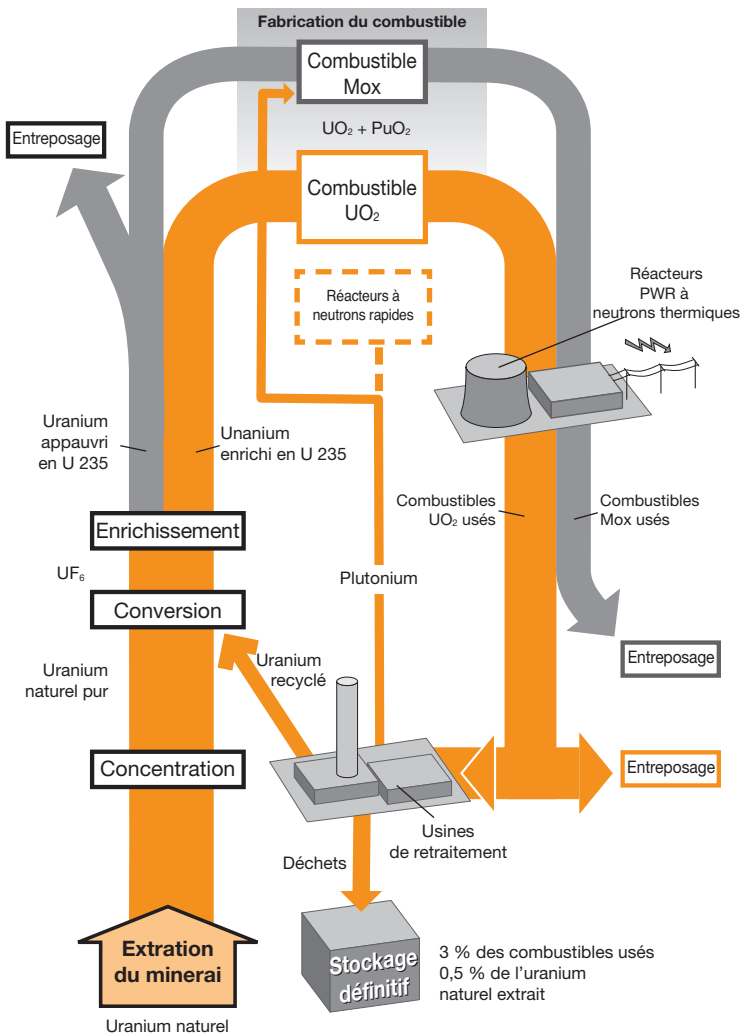
Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF

(Situation en décembre 2000)



Source : D'après DSIN

Cycle simplifié du combustible nucléaire en France



Source : D'après DSIN - Revue Contrôle - avril 1997

Monde : besoins en uranium

World: Uranium requirements

| | 2014 | 2015 | 2020 | 2030 | 2035 |
|----------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Tonnes U | 56 585 | de 62 570 à 66 005 | de 65 975 à 76 965 | de 66 580 à 95 630 | de 66 995 à 104 740 |

Source : *Uranium 2016. Resources, Production and Demand. AEN ed. 2016*
<http://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf>

Définition de l'UTS

La production d'une usine d'enrichissement de l'uranium s'exprime en unités de travail de séparation (UTS). Elle est proportionnelle à la quantité d'uranium traité et donne une mesure du travail nécessaire pour obtenir l'uranium enrichi. Elle dépend du taux d'enrichissement en isotope 235 de l'uranium et du taux d'appauvrissement de l'uranium résiduel. Il faut environ 100 000 UTS pour fournir le combustible nécessaire au fonctionnement pendant un an d'un réacteur de 1 000 MWe.

Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium (kUTS/an)

World: Uranium enrichment capacity

| Pays | Sociétés | 2013 | 2015 | 2020 |
|------------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|
| France | Areva, Georges Besse I & II | 5 500 | 7 000 | 7 500 |
| Allemagne + Pays-Bas + Royaume Uni | Urenco: Gronau, Almelo, Capenhurst | 14 200 | 14 400 | 14 900 |
| Japon | JNFL, Rokkasho | 75 | 75 | 75 |
| USA | USEC, Paducah & Piketon | 0 | 0 | 0 |
| USA | Urenco, New Mexico | 3 500 | 4 700 | 4 700 |
| USA | Areva, Idaho Falls | 0 | 0 | 0 |
| | Global Laser Enrichment | 0 | 0 | 0 |
| Russie | Tenex: Angarsk, Novouralsk, Zelenogorsk, Seversk | 26 000 | 26 578 | 28 663 |
| Chine | CNNC, Hanzhou & Lanzhou | 2 200 | 5 760 | 10 700 |
| Autres | | 75 | 100 | 170 |
| Total | | 51 550 | 58 600 | 66 700 |
| | Besoins (scénario de référence WNA) | 49 154 | 47 285 | 57 456 |

Source : WNA 2017

<http://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion->

Quantité d'uranium naturel et unités de travail de séparation nécessaires pour obtenir 1 kg d'uranium enrichi à un taux donné en fonction de la teneur en rejet
 Natural uranium and separative work units required to obtain 1 kg of enriched uranium at a given yield as a function of the depletion yield

| Teneur en rejet (% U ₂₃₅) | 3,1 % U 235 | | 3,4 % U 235 | | 3,7 % U 235 | | 4 % U 235 | |
|---------------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| | U nat. (kg) | UTS | U nat. (kg) | UTS | U nat. (kg) | UTS | U nat. (kg) | UTS |
| 0,10 | 4,910 | 6,274 | 5,401 | 7,158 | 5,892 | 8,051 | 6,383 | 8,950 |
| 0,15 | 5,258 | 5,226 | 5,793 | 5,979 | 6,328 | 6,740 | 6,863 | 7,508 |
| 0,20 | 5,675 | 4,526 | 6,262 | 5,190 | 6,849 | 5,864 | 7,436 | 6,544 |
| 0,25 | 6,182 | 4,009 | 6,833 | 4,609 | 7,484 | 5,217 | 8,134 | 5,832 |
| 0,30 | 6,813 | 3,606 | 7,543 | 4,154 | 8,272 | 4,712 | 9,002 | 5,277 |

Source : CEA

Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium

Afin de prendre la relève de la diffusion gazeuse, la France et les Etats-Unis ont travaillé sur de nouveaux procédés d'enrichissement comme la séparation isotopique par laser. Grâce à de récents développements technologiques, l'ultracentrifugation gazeuse retrouve un intérêt économique.

Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE (tML/an)

Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries (tHM/year)

| Type de combustible | Capacités 2015 | Besoins | | |
|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 2015 ⁽¹⁾ | 2017 ⁽¹⁾ | 2020 ⁽¹⁾ |
| BWR | 1 100 | 401 | 290 | 216 |
| FBR MOX | 0 | 0 | 0 | 5 |
| GCR (Magnox et AGR) | 240 | 165 | 190 | 190 |
| HWR | 2 175 | 2 075 | 1 935 | 1 785 |
| LWR | 9 074 | 4 425 | 4 375,8 | 4 523 |
| LWR MOX | 195 | 140 | 131,5 | 128 |
| Total | 12 784 | 7 206 | 6 922 | 6 847 |

(1) Hors Japon - Except Japan

Source : Données sur l'énergie nucléaire, AEN éd. 2017

<https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2017/7365-ned-2017.pdf>

Usines de traitement des combustibles usés

Used fuel reprocessing units

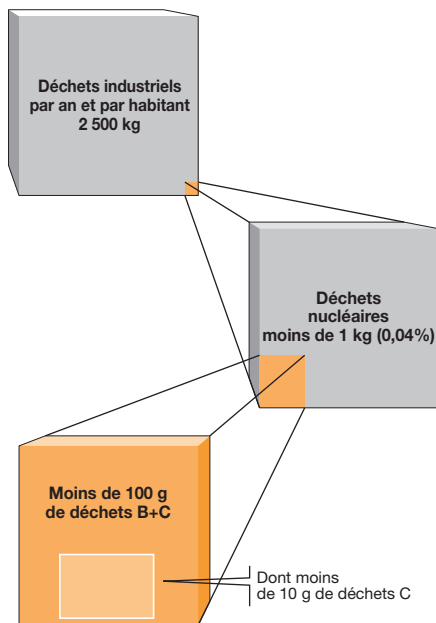
| Type de combustible | Pays | Capacité tML/an |
|---------------------|-------------------------|-----------------|
| LWR | France, La Hague | 1 700 |
| | UK, Sellafield (THORP) | 600 |
| | Russie, Ozersk (Mayak) | 400 |
| | Japon (Rokkasho) | 800* |
| | Total LWR | 3 500 |
| Autres | UK, Sellafield (Magnox) | 1 500 |
| | Inde (PHWR) | 330 |
| | Japon, Tokai MOX | 40 |
| | Total Autres | 1 870 |
| Total | | 5 370 |

* Début d'exploitation prévue en 2018.

Source : WNA 2018

<http://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/processing-of-used-nuclear-fuel.aspx>

Les déchets produits en France



Source : CEA


Classification des déchets

Waste classification

Les déchets radioactifs sont classés en fonction de :

- leur radioactivité, c'est-à-dire leur impact potentiel sur l'homme et l'environnement. Elle se mesure en becquerels (1 Bq = 1 désintégration par seconde). Ces désintégrations correspondent à l'émission d'un rayonnement ou de particules (alpha ou bêta) et s'accompagnent éventuellement d'un rayonnement gamma.
- la décroissance de leur activité en fonction du temps. Au bout d'un temps T, appelé période, la radioactivité d'un élément est divisée par deux. Au bout de deux périodes, il en reste un quart, au bout de trois périodes, un huitième...

L'Andra, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, a défini quatre niveaux d'activité et trois périodes caractéristiques. Comme le montre le tableau suivant, un classement en six catégories permet la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs.

| | | | |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Très faible activité (TFA) | | Déchets TFA stockés en surface au Centre de stockage TFA de l'Aube | |
| Faible activité (FA) | Déchets VTC gérés sur place par décroissance radioactive. Ils sont ensuite gérés comme des déchets classiques. | Déchets FMA-VC Stockés en surface au Centre de stockage FMA de l'Aube qui a succédé au Centre de stockage de la Manche, aujourd'hui fermé et sous surveillance. | Déchets FA-VL Centre de stockage à faible profondeur (entre 15 et 200 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2019. |
| Moyenne activité (MA) | | | Déchets MA-VL Centre de stockage profond (à 500 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025. |
| Haute activité (HA) | | Déchets HA Centre de stockage profond (à 500 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025. | |
| |  | | |
| | Vie très courte (VTC) période radioactive < 100 jours | Vie courte (VC) période radioactive ≤ 31 ans | Vie longue (VL) période radioactive > 31 ans |

Les déchets à vie très courte (VTC) sont liés à la production et à l'usage de radioéléments pour les besoins de la santé, le simple entreposage pour décroissance radioactive permet de gérer ces déchets.

Les déchets de très faible activité (TFA) sont majoritairement issus du démantèlement d'installations nucléaires (béton, briques, gravats, ferrailles, ...), ils proviennent aussi de l'exploitation d'installations faiblement radioactives et d'activités industrielles concentrant la radioactivité naturelle.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) sont principalement générés lors des opérations d'exploitation (hors combustible nucléaire lui-même) et de maintenance des centrales nucléaires, des usines de traitement ou des centres de recherche nucléaire (vêtements, gants, chiffons, papiers, filtres, outillages, joints...). On trouve également dans cette catégorie des déchets provenant de la médecine (seringues, flacons...), des laboratoires (flacons, objets contaminés...) et de l'industrie (sources scellées usagées...).

Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) sont entreposés en attente de la mise en place de la filière de stockage, ils comprennent :

- des déchets radifères contenant des éléments radioactifs naturels (uranium, thorium, radium...) issus du traitement de minerais par l'industrie chimique, et de travaux de réhabilitation de sites pollués anciens,
- des déchets graphite issus du démantèlement de la première génération de centrales nucléaires françaises (filière Uranium Naturel-Graphite-Gaz).

Les déchets de moyenne activité et à vie longue (MAVL) sont également entreposés avant la mise en place de la filière de stockage, ils comprennent :

- les gaines et éléments de structure des assemblages combustible après séparation de la matière nucléaire lors du traitement,
- les déchets technologiques (pinces et appareillages divers) issus de l'exploitation et de la maintenance des installations nucléaires et contaminés de façon significative par des éléments radioactifs de longue période.

Les déchets de haute activité à vie longue (HAVL) correspondent aux produits de fission et actinides mineurs qui ont été séparés des matières recyclables (uranium et plutonium) lors du traitement du combustible usé. Après vitrification, ces déchets sont entreposés pour décroissance thermique, ils seront ensuite stockés en couche géologique profonde (à ce jour, seuls les colis de verre de faible puissance thermique pourraient être mis en stockage).

A fin 2016, la répartition en volume et en activité des déchets produits en France est (source Andra) :

| | % en volume | % en activité |
|---------------|-------------|---------------|
| TFA et FMA-VC | 90,9 | 0,03 |
| FA-VL | 5,9 | 0,14 |
| MA-VL | 2,9 | 4,9 |
| HA-VL | 0,2 | 94,9 |

Source : *Inventaire national 2018, Andra*

L'industrie électronucléaire actuelle génère environ 12 000 m³/an de déchets TFA&FMA-VC et 500 m³/an de déchets MA&HA-VL (dans l'inventaire actuel, les déchets FA-VL et une partie des déchets MA-VL résultent d'anciennes activités).

La gestion des déchets radioactifs

L'utilisation des propriétés des radioéléments, que ce soit pour la production d'énergie, la recherche nucléaire, l'industrie ou la santé, génère des déchets. Les exploitants améliorent continuellement leurs installations afin de réduire en volume et en activité ces déchets. En France, plusieurs milliers de personnes travaillent à leur gestion (tri, traitement, conditionnement, transport, entreposage ou stockage) selon des procédures et des méthodes codifiées et sous le contrôle des autorités publiques.

La gestion à long terme des déchets TFA & FMA-VC est assurée par leur stockage dans des sites géologiques adaptés existants. Pour les autres filières, la loi du 30 décembre 1991, dite « loi Bataille » du nom de son rapporteur à l'Assemblée Nationale, prescrivait 15 ans de recherche suivant 3 axes :

1. La séparation et à la transmutation des éléments radioactifs à vie longue,
2. Le stockage en couche géologique profonde,
3. L'entreposage de longue durée.

Le CEA a mis ses efforts en commun avec d'autres partenaires, et notamment l'Andra pour remettre au gouvernement, en juin 2005, les rapports finaux sur ces 15 années de recherche.

Au terme d'un débat public, une nouvelle loi de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs a été votée le 28 juin 2006. Elle :

- maintient les recherches dans le domaine de la séparation-transmutation afin d'évaluer les perspectives industrielles en 2012 et de mettre un prototype en exploitation avant fin 2020,
- demande de choisir un site et de concevoir un stockage réversible en couche géologique profonde pour une demande d'autorisation de construction en 2015 et une mise en service à l'horizon 2025,
- positionne l'entreposage comme un élément de complémentarité avec les axes précédents,
- prescrit la mise au point de solution de stockage pour les déchets radifères et graphite (FA-VL),
- institue le PNGMDR (Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs) qui doit être mis à jour tous les 3 ans et évalué par l'OPECST,
- reconduit la Commission nationale d'évaluation scientifique,
- définit les missions de l'Andra et le financement de son fonctionnement,
- prescrit l'évaluation par les exploitants des charges financières futures pour démantèlement et gestion des déchets et institue la Commission nationale d'évaluation financière.

Principaux éléments contenus dans les combustibles usés

(en kg/tonne de combustible REP 1 300, après 3 ans de refroidissement)

Main elements comprised in used fuel (kg/t of PWR 1300 fuel, after 3 years of cooling)

Actinides

| | |
|----|-------|
| Np | 0,43 |
| Pu | 10 |
| Am | 0,38 |
| Cm | 0,042 |

TOTAL 10,852 kg

Uranium

TOTAL 935,548 kg

Produits de fission

Fission products

| | | | |
|--------|------|---------------|------|
| Kr, Xe | 6,0 | Ru, Rh, Pd | 0,86 |
| Cs, Rb | 3,1 | Ag, Cd, | |
| Sr, Ba | 2,5 | In, Sn, Sb | 0,25 |
| Y, La | 1,7 | Autres | |
| Zr | 3,7 | Ce | 2,5 |
| Se, Te | 0,56 | Pr | 1,2 |
| Mo | 3,5 | Nd | 4,2 |
| I | 0,23 | Sm | 0,82 |
| Tc | 0,23 | Eu | 0,15 |

TOTAL 35,6 kg

Source : CNE

Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe
 Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit

| Déchets conditionnés pour le stockage | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------|---|-----------------------------|
| Déchets de procédé | Activité (GBq/an) | | Matériaux d'incorporation ou d'enrobage | Volume (m ³ /an) |
| | Émetteurs β, γ | Émetteurs α | | |
| Solution de produits de fission | 270.10 ⁶ | 3,5.10 ⁶ (1) | Verre | 3 |
| Déchets de structures (coques et embouts) et déchets technologiques de zone 4 (2) | 12,5.10 ⁶ | 18 500 | Compacté | 5 |
| Boues de traitement des effluents liquides | 0 | 0 | - | 0 |
| Déchets technologiques de zones 2 et 3 | 52 | négligeable | Ciment | 20 |

(1) Dont plus de 99,5 % de transuraniens (moins de 0,5 % de plutonium).

(2) Les zones 4, 3 et 2 correspondent à un risque potentiel décroissant de dissémination radioactive.

Source : AREVA

Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe
 Waste generated annually by reprocessing the fuel of a 1000 MWe PWR unit

| | Activité (GBq/an) |
|---------------------------|----------------------|
| Effluents gazeux | |
| Krypton 85 | 45.10 ⁵ |
| Iode 131 | 1,7.10 ⁻² |
| Iode 129 | 0,25 |
| Tritium | 1 125 |
| Effluents liquides | |
| Émetteurs β, γ | 580 |
| Tritium | 175 000 |
| Émetteurs α | 0,7 |

Source : AREVA

Effluents et déchets produits en 1996 par les centrales nucléaires françaises
 Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996

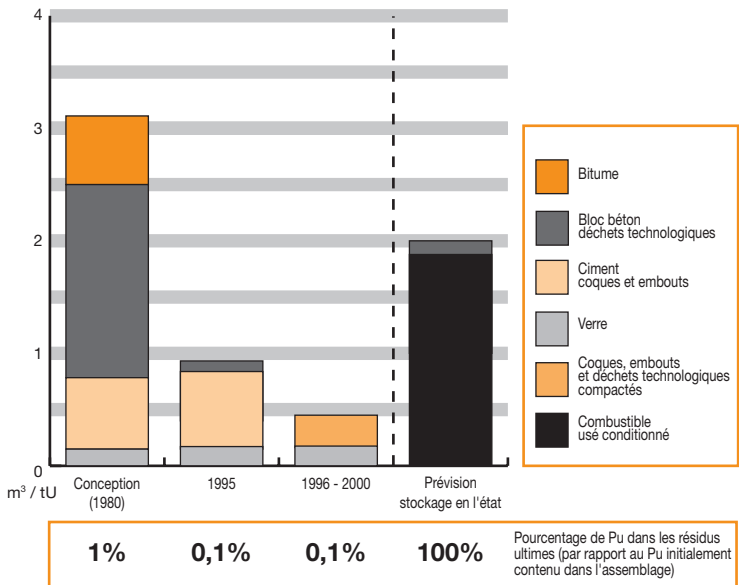
| | | |
|---|----------------------|-------|
| Effluents gazeux (GBq/TWh) | Gaz rares | 867 |
| | Aérosols + halogènes | 0,009 |
| Effluents liquides (GBq/TWh) | Hors tritium | 0,22 |
| | Tritium | 1,778 |
| Déchets solides (m ³ /TWh) | | 20 |

Source : CEA d'après CEPN

Volumes de résidus générés dans UP3*

(Déchets à période longue après conditionnement)

Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant



* UP3 : Usine de production, située à La Hague

INFORMATIONS GÉNÉRALES

GENERALITIES

L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS

Quelques définitions

Atome : dans la nature, la matière (eau, gaz, roche, êtres vivants) est constituée de molécules, qui sont des combinaisons d'atomes. Les atomes comprennent un noyau chargé positivement, autour duquel se déplacent des électrons chargés négativement. L'atome est neutre. Le noyau de l'atome comprend des protons chargés positivement, et des neutrons. C'est lui qui se transforme en émettant un rayonnement lorsque la radioactivité d'un atome se manifeste.

Élément : constituant commun aux substances à partir desquelles la matière est formée. Il ne peut être décomposé en substances plus simples, c'est-à-dire de poids plus faible, ni synthétisé à partir de ces substances par des réactions chimiques ordinaires. Il n'existe que 92 éléments naturels. Chaque élément est composé par un nom particulier et par son numéro atomique Z . Z est le nombre de protons du noyau atomique. C'est aussi le nombre d'électrons de l'atome.

Irradiation : exposition aux rayonnements.

Isotope : tous les atomes dont les noyaux ont le même nombre de protons forment un élément chimique. Lorsqu'ils ont des nombres de neutrons différents, on appelle ces atomes « isotopes ». On désigne chaque isotope d'un élément donné par le nombre total de ses nucléons : protons et neutrons.

Neutron : particule élémentaire neutre (non chargée) constitutive avec les protons des noyaux des atomes.

Nucléide : noyau atomique caractérisé par son nombre de masse, son nombre atomique et son état énergétique.

Particules α : noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons).

Particules β : électrons (négatifs ou positifs).

Période radioactive : temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs initialement présents a disparu par transformation spontanée. La période varie d'un radionucléide à l'autre.

Radioactivité : propriété de certains nucléides d'émettre spontanément des particules (α , β) et/ou un rayonnement γ ou X .

Radioélément : élément dont tous les isotopes sont radioactifs (éléments artificiels).

Radionucléide : nucléide radioactif.

Rayonnement : processus de transmission d'énergie sous forme corpusculaire (particules) ou électromagnétique.

Rayonnement électromagnétique : défini par la propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique associés, plus ou moins rapidement variables, et caractérisé par sa longueur d'onde. Par exemple (par ordre de longueur d'onde décroissante) : ondes hertziennes, rayons infrarouges, lumière visible, rayons ultraviolets, rayons X , rayons γ .

Rayonnement ionisant : rayonnement électromagnétique ou corpusculaire (particules) capable de produire, directement ou indirectement, des ions (atomes ou molécules de charge électrique non nulle) lors de son passage à travers la matière.

Rayonnement X et γ : rayonnements ionisants électromagnétiques pénétrants mais peu ionisants. Leurs longueurs d'onde sont de l'ordre ou inférieures au nanomètre. Ils sont formés lors de phénomènes physiques se déroulant pour les X au niveau du cortège électronique de l'atome et pour les γ au niveau du noyau de l'atome.

Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants

Physical units for ionizing radiation

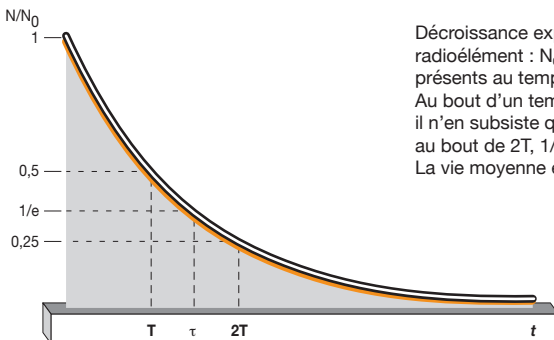
| Grandeurs | Unités | Équivalences | Définitions |
|-----------------------------------|--|--|---|
| ACTIVITÉ | Becquerel (Bq) Curie (Ci) | 1 Bq = 27 picocuries 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq | Grandeur représentant le nombre de désintégrations par seconde au sein d'une matière radioactive |
| DOSE ABSORBÉE | Gray (Gy) Rad (rad) | 1 Gy = 1 joule/kg = 100 rad 1 rad = 10^{-2} Gy | Quantité d'énergie communiquée à la matière par unité de masse |
| ÉQUIVALENT DE DOSE | Sievert (Sv) Rem | 1 Sv = 100 rem 1 rem = 10^{-2} Sv | Grandeur utilisée en radioprotection pour tenir compte de la différence d'effet biologique des divers rayonnements |
| DÉBIT DE DOSE ABSORBÉE | Gray par heure Rad par heure | 1 Gy/h = 100 rad/h 1 rad/h = 10^{-2} Gy/h | Quantité d'énergie transmise à la matière irradiée par unité de masse et par unité de temps |
| DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE | Sievert par heure Rem par heure | 1 Sv/h = 100 rem/h 1 rem/h = 10^{-2} Sv/h | Grandeur utilisée en radioprotection pour tenir compte de la différence d'effet biologique des divers rayonnements par unité de temps |

La réglementation française (Code de la santé publique et Code du travail), conformément à la directive 96/29/Euratom du 13 mai 1996, fixe les limites d'équivalent de dose efficace annuelle :

- à 20 mSv/an pour les travailleurs (industrie nucléaire, radiologie médicale), décret 2003-296 du 31 mars 2003 ;
- à 1 mSv/an pour le public, décret 2001-215 du 8 mars 2001.

Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période

Radioactive decay, mean life, half life



Décroissance exponentielle d'un radioélément : N_0 atomes sont présents au temps $t = 0$.
 Au bout d'un temps T (la période), il n'en subsiste que la moitié ;
 au bout de $2T$, $1/4$ et ainsi de suite.
 La vie moyenne est τ .

Périodes effectives de quelques corps radioactifs

Effective half life for some radioelements

| | Période radioactive | Période effective approximative |
|---------------|------------------------|---------------------------------|
| Carbone 14 | 5 730 ans | 12 jours |
| Césium 137 | 30,2 ans | 70 jours |
| Cobalt 60 | 5,3 ans | 10 jours |
| Iode 131 | 8 jours | 8 jours |
| Plutonium 239 | 24 110 ans | 50 ans |
| Potassium 40 | 1,26 milliard d'années | 30 jours |
| Strontium 90 | 29 ans | 15 ans |
| Tritium | 12,32 ans | 12 jours |

Source : D'après «Handbook of radiation measurement and protection», Allen Brodsky, CRC Press Ed.

Pour chaque radioélément, par analogie avec la période physique, la période biologique est le temps nécessaire à l'organisme pour éliminer la moitié de la quantité initialement absorbée. La décroissance radioactive et l'élimination biologique concourent à faire décroître l'irradiation dans l'organisme. La **période effective** est définie comme le temps requis pour que l'activité entrée à l'origine ait décru de moitié. Les périodes effective (T_e), radioactive (T_r) et biologique (T_b) sont reliées par la formule :

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_r} + \frac{1}{T_b}$$

Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants

Radiation ionizing stopping power

Particules alpha (α)

Noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons). Pénétration très faible dans l'air. Une simple feuille de papier est suffisante pour les arrêter.

Particules bêta moins : électrons (β)

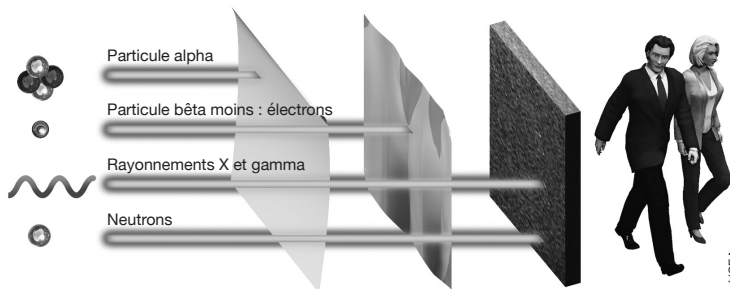
Pénétration faible. Ils parcourent quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons.

Rayonnements X et gamma (γ)

Pénétration très grande, fonction de l'énergie du rayonnement : plusieurs centaines de mètres dans l'air. Une forte épaisseur de plomb ou de béton permet de s'en protéger.

Neutrons

Pénétration dépendante de leur énergie. Une forte épaisseur de béton, d'eau ou de paraffine arrête les neutrons.

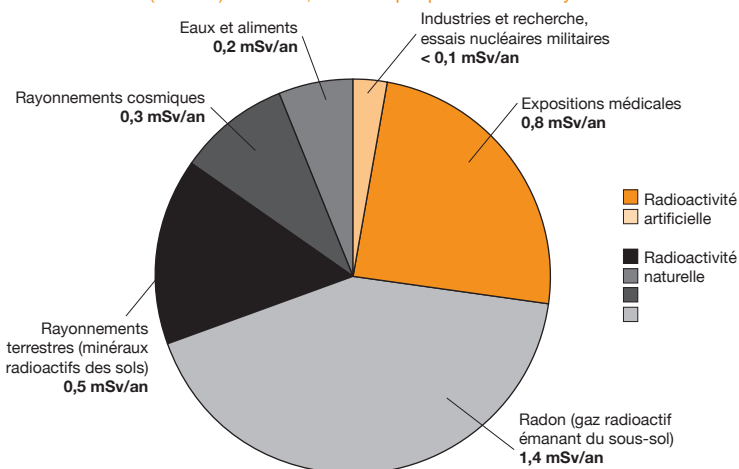


Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles) Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)

| Radioactivité | Origine | Provenance | Type de rayonnement prédominant | Dose ⁽¹⁾ exprimée en mSv/an |
|---------------|---|---|---|--|
| naturelle | Cosmique | Soleil, étoiles, galaxies | γ , neutrons, particules lourdes | 0,3 (niveau de la mer) |
| | Tellurique (uranium 238, potassium 40, thorium 232) | sol | γ | 0,5 |
| | Interne potassium 40, plomb, bismuth, polonium, radons et descendants | ingestion aliments, eau inhalation, air | α , β , γ | 1,6 |
| artificielle | Médecine | radiodiagnostic, radiothérapie imagerie nucléaire | X, β , γ | 0,8 |
| | Industrie | effluents et irradiation directe | | < 0,1 |
| | Essais nucléaires | | | 0,01 |
| | Domestique, divers | récepteurs TV, cadrans lumineux | | 0,001 |

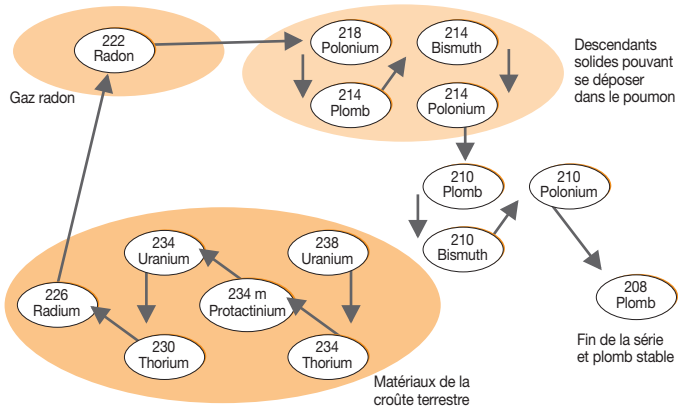
(1) Ces valeurs sont des ordres de grandeur pouvant varier considérablement d'un cas à l'autre.
Source : OCDE-AEN et CEA

Exposition aux rayonnements ionisants de la population en France Doses annuelles (mSv/an) - Total : 3,3 mSv/an par personne en moyenne



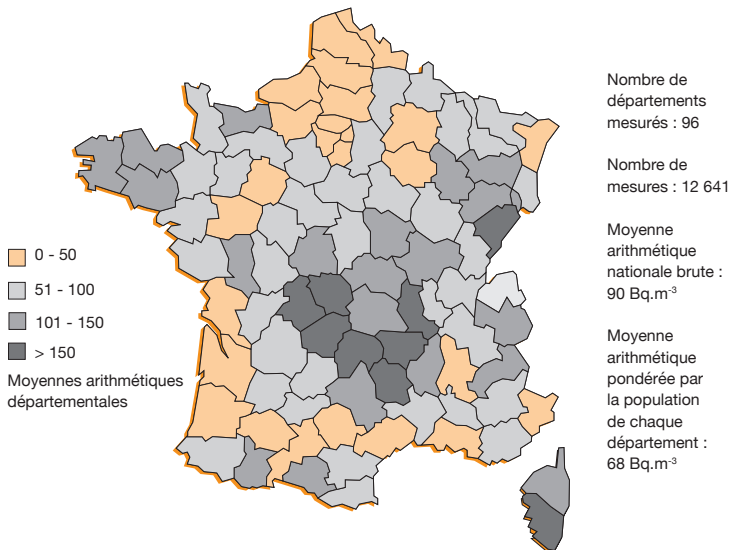
Le radon

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Sa désintégration donne naissance à des éléments eux-mêmes radioactifs puis à du plomb. Le radon fait partie des gaz rares comme le néon, le krypton et le xénon.



Source : CEA/IRSN

Carte des activités volumiques du radon dans les habitations, en France Bilan de 1982 à 2000



Source : IRSN, Bilan du 1^{er} janvier 2000

Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation
World average exposure from natural sources

| Source d'exposition | Dose effective annuelle (mSv) | |
|--|-------------------------------|------------------------------|
| | Moyenne | Domaine de variation typique |
| Rayonnement cosmique | | |
| Composante directement ionisante et photonique | 0,28 | |
| Composante neutronique | 0,10 | |
| Radionucléides cosmogéniques | 0,01 | |
| Exposition cosmique et cosmogénique totale | 0,39 | 0,3 - 1,0 ^(a) |
| Irradiation externe tellurique | | |
| En plein air | 0,07 | |
| Dans les bâtiments | 0,41 | |
| Exposition externe tellurique totale | 0,48 | 0,3 - 0,6 ^(b) |
| Inhalation | | |
| Séries uranium et thorium | 0,006 | |
| Radon (222 Rn) | 1,15 | |
| Thoron (220 Rn) | 0,10 | |
| Exposition totale par inhalation | 1,26 | 0,2 - 10 ^(c) |
| Ingestion | | |
| Potassium 40 (⁴⁰ K) | 0,17 | |
| Séries uranium et thorium | 0,12 | |
| Exposition totale par ingestion | 0,29 | 0,2 - 0,8 ^(d) |
| Total | 2,4 | 1 - 10 |

(a) Du niveau de la mer à haute altitude.

(b) Selon la composition du sol et des matériaux de construction.

(c) Selon l'accumulation de radon dans les bâtiments.

(d) Selon la nature de la nourriture et de l'eau de boisson.

Source : *Unsclear*

L'activité radioactive - exemples

Examples of natural or human generated activity

L'intensité d'un rayonnement traduit l'activité de la source radioactive émettrice que l'on exprime en becquerel. Un becquerel correspond à la désintégration d'un noyau d'atome par seconde. A l'aide de compteurs appropriés, on mesure instantanément de très faibles comme de très forts niveaux de radioactivité.

Les valeurs d'activité suivantes sont des ordres de grandeur.

Exemples de radioactivité naturelle :

| Nature | Activité |
|--------------------|---|
| Eau de pluie | 0,5 Bq par kg |
| Eau de mer | 12 Bq par kg |
| Terre | 1 000 Bq par kg (varie entre 500 et 5 000 Bq par kg selon les terrains) |
| Pomme de terre | 150 Bq par kg |
| Lait | 40 Bq par kg |
| Engrais phosphatés | 5 000 Bq par kg |
| Homme | 130 Bq par kg (8 000 à 10 000 Bq pour un adulte) |

Exemples de radioactivité artificielle en médecine :

| Nature | Activité injectée au patient |
|----------------------------|---|
| Scintigraphie thyroïdienne | 37 millions de Bq (technétium 99 métastable) |
| Scintigraphie osseuse | 550 millions de Bq (technétium 99 métastable) |
| Scintigraphie myocardique | 74 millions de Bq (thallium 201) |

Exemple de radioactivité artificielle dans l'industrie nucléaire :

| Nature | Activité |
|--|--|
| Combustible usé en sortie de réacteur (1/4 de cœur déchargé) | 10^{19} Bq = 10 milliards de milliards de Bq |

Source : Andra

RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Institutions internationales

- l'**AIEA** (Agence internationale pour l'énergie atomique), fondée en 1957, au sein de l'organisation des Nations unies, s'assure que les dispositions de sécurité, tant au niveau de la conception que de l'exploitation des installations, sont satisfaisantes. L'AIEA anime, à la demande des autorités nationales, des missions d'évaluation de la sûreté des installations nucléaires, appelées OSART ;
- l'**AEN**, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, favorise entre les États les échanges d'informations à la fois techniques, scientifiques et juridiques sur la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire ;
- l'**Euratom** ou CEEA (Communauté européenne de l'énergie atomique), instituée en 1957, offre un cadre privilégié de coopération, notamment dans le domaine de la R&D des industries nucléaires. C'est en vertu du traité Euratom que la Commission de Bruxelles élabore des normes de base en matière de radioprotection.

Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire

La Loi du 13 juin 2006 renouvelle l'encadrement des activités nucléaires dans un dispositif juridique cohérent et complet. Son objectif est de :

- créer une Autorité de sûreté nucléaire en autorité administrative indépendante ;
- définir les principes de l'information du public en matière de sécurité nucléaire ;
- offrir un cadre légal aux Commission locales d'information ;
- instituer un Haut comité de la transparence ;
- encadrer les autorisations des activités nucléaires et leur contrôle.

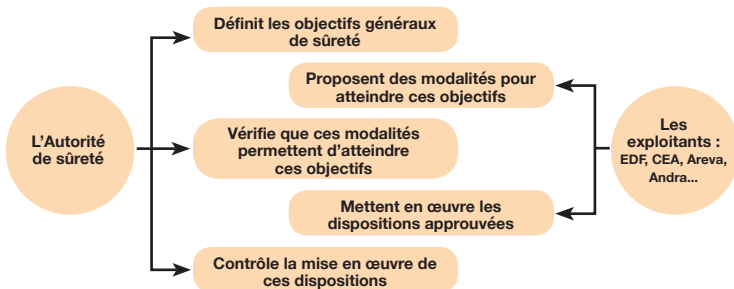
L'Autorité de sûreté

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est une autorité administrative indépendante chargée de contrôler l'ensemble des activités nucléaires exercées en France dans le domaine civil. Elle assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire.

Organisation : L'ASN se compose d'une commission, d'un comité exécutif, de conseillers, de services centraux constitués de sept sous-directions et de onze délégations régionales.

Missions : Elles s'articulent autour de ses trois métiers « historiques » : la réglementation, le contrôle et l'information du public.

Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France



Classement des incidents : l'échelle INES

INES (International Nuclear Event Scale) est une échelle de gravité des événements nucléaires destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance des incidents et des accidents nucléaires.

Sur la base de la proposition française, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a mis à l'essai dans les pays membres un nouveau volet de l'échelle INES relatif aux incidents de radioprotection, prenant en compte les sources radioactives et les transports de matières radioactives. Il intègre le principe de la relation entre le risque radiologique et la gravité de l'événement. Dans un premier temps, la France a limité l'expérience d'application systématique de cette nouvelle échelle aux installations nucléaires de base dans l'optique d'une utilisation ultérieure élargie aux installations médicales, industrielles ou de recherche.

Source : asn.gouv.fr

Structure fondamentale de l'échelle INES

| Critères liés à la sûreté | | | |
|--------------------------------|---|--|---|
| | Conséquences à l'extérieur du site | Conséquences à l'intérieur du site | Dégradation de la défense en profondeur |
| 7 Accident majeur | Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement | | |
| 6 Accident grave | Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues | | |
| 5 Accident | Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues | Endommagement grave du cœur de réacteur / des barrières radiologiques | |
| 4 Accident | Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites | Endommagement important du cœur de réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur | |
| 3 Incident grave | Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites | Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur | Accident évité de peu / perte des barrières |
| 2 Incident | | Contamination importante / surexposition d'un travailleur | Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité |
| 1 Anomalie | | | Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé |
| 0 Ecart | Aucune importance du point de vue de la sûreté | | |
| Événements hors échelle | Aucune pertinence du point de vue de la sûreté | | |

Source : ASN

ENVIRONNEMENT

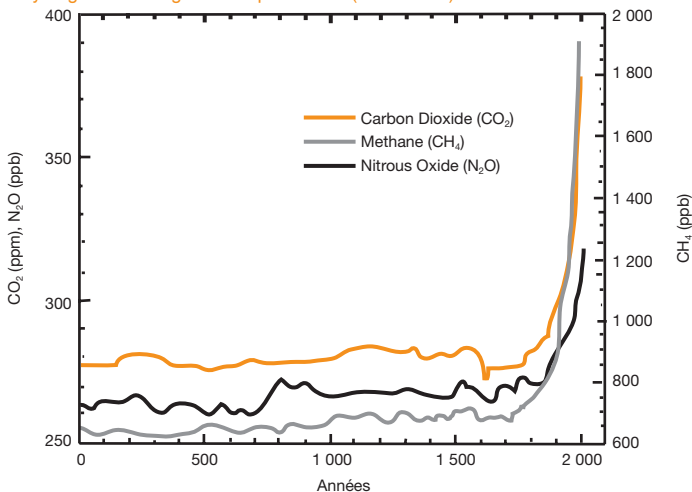
Qu'est-ce que l'effet de serre ?

L'effet de serre est la capacité des gaz composant l'atmosphère à laisser passer dans un sens le rayonnement solaire et dans l'autre sens à absorber et renvoyer dans toutes les directions le rayonnement infrarouge émis par la terre, ce qui induit un réchauffement du sol. Cet effet existe à l'état naturel puisque la température moyenne à la surface de la terre, qui est de 15°C, serait sans celui-ci de -18°C. Chaque gaz est caractérisé par un pouvoir de réchauffement global PRG, dépendant de sa propre capacité à absorber les rayonnements ainsi que de sa durée de séjour dans l'atmosphère.

Afin de comparer les gaz entre eux, on utilise le PRG relatif d'un gaz, c'est-à-dire le PRG ramené, à concentration égale, à celui du CO₂ (dioxyde de carbone). Le CH₄ et le N₂O ont des PRG relatifs nettement plus importants que le CO₂ (cf tableau) mais bien moindres que ceux des autres gaz. Concernant les CFC, leur production est interdite depuis la Conférence de Montréal, mais leurs substituts, HCFC et HFC, s'ils préservent la couche d'ozone, ne sont pas moins redoutables pour l'effet de serre. C'est pourquoi un amendement a été apporté au Protocole de Montréal (et relayé dans la législation communautaire) visant notamment à arrêter en 2004 la production de HCFC dans les pays développés.

Evolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps (GIEC 2007)

History of greenhouse gas atmospheric rate (IPCC 2007)



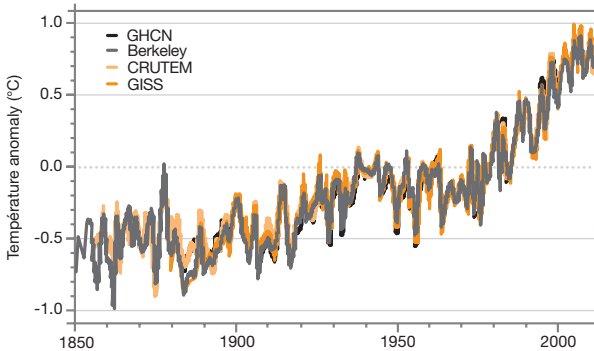
ppm = partie par million

ppb = partie par milliard (billion en anglais)

| Gaz | Pouvoir global de réchauffement relatif / CO ₂ à un horizon de 100 ans |
|------------------|--|
| CO ₂ | 1 |
| CH ₄ | 25 |
| N ₂ O | 298 |

Source : Giec 2007

Anomalies de la température moyenne globale annuelle de l'air à la surface terrestre relatives au climat de la période 1961-1990 ; valeurs issues des dernières versions de 4 jeux de données différents (Berkeley, CRUTEM, GHCN et GISS)
 Global annual average land-surface air temperature (LSAT) anomalies relative to a 1961-1990 climatology from the latest versions of four different data sets (Berkeley, CRUTEM, GHCN and GISS)



Source : IPCC 2013

Augmentation de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre par rapport au niveau pré-industriel

Global average Earth's surface temperature increasing compared to pre-industrial level

| Equilibre CO ₂ -eq (ppm) | Meilleure estimation | Très probablement* au dessus | Probablement** dans la plage |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 350 | 1,0 | 0,5 | 0,6 - 1,4 |
| 450 | 2,1 | 1 | 1,4 - 3,1 |
| 550 | 2,9 | 1,5 | 1,9 - 4,4 |
| 650 | 3,6 | 1,8 | 2,4 - 5,5 |
| 750 | 4,3 | 2,1 | 2,8 - 6,4 |
| 1 000 | 5,5 | 2,8 | 3,7 - 8,3 |
| 1 200 | 6,3 | 3,1 | 4,2 - 9,4 |

* Probabilité > 0,9

** Probabilité > 0,66

Source : GIEC 2007

Caractéristiques principales des RCP*

| Nom du scénario | Forçage radiatif (par rapport à 1750) | Concentration en GES (ppm) | Trajectoire |
|-----------------|--|--|--------------------------------|
| RCP 8.5 | > 8,5 W/m ² en 2100 | > 1 370 ppm CO ₂ e en 2100 | croissante |
| RCP 6.0 | ~ 6 W/m ² avec stabilisation après 2100 | ~ 850 ppm en CO ₂ e avec stabilisation après 2100 | stabilisation sans dépassement |
| RCP 4.5 | ~ 4,5 W/m ² avec stabilisation après 2100 | ~ 660 ppm CO ₂ e avec stabilisation après 2100 | stabilisation sans dépassement |
| RCP 2.6 | pic à ~ 3 W/m ² avant 2100 puis déclin | pic ~ 490 ppm CO ₂ e avant 2100 puis déclin | pic puis déclin |

* RCP : Representative Concentration Pathway

Source : MEDDE/SCEE/ONERC 2013

Emissions de CO₂ dans le monde - New Policies Scenario du World Energy Outlook 2018 (prise en compte des politiques actuelles et mise en place des mesures plus ambitieuses annoncées)

World CO₂ Emissions - New Policies Scenario - WEO 2018

| | CO ₂ emissions (Milliards t) | | | | | | Shares (%) | |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | 2000 | 2016 | 2017e | 2025 | 2030 | 2040 | 2017e | 2040 |
| | New Policies Scenario | | | | | | | |
| Total CO₂ | 23 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 100 | 100 |
| Coal | 9 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 44 | 39 |
| Oil | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 35 | 33 |
| Gas | 5 | 7 | 7 | 8 | 8 | 10 | 21 | 27 |
| Power generation | 9 | 13 | 14 | 13 | 13 | 14 | 100 | 100 |
| Coal | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 72 | 69 |
| Oil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 | 3 |
| Gas | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 22 | 28 |
| TFC* | 13 | 17 | 17 | 19 | 19 | 20 | 100 | 100 |
| Coal | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 25 | 21 |
| Oil | 8 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 57 | 55 |
| Gas | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 18 | 24 |
| Industry | 4 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 34 | 36 |
| Transport | 6 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 46 | 48 |
| Buildings | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 17 | 14 |

* TFC : Total Fuel Consumption

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – *for grouping of countries, see page 98.*

Source : © OECD/IEA 2018 WEO, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t&c

www.iea.org/statistics/

Emissions types de la production électrique en France

| Filières | Valeurs EDF 2017 avec ACV (g équiv. CO ₂ /kWh) | Valeurs RTE 2017 sans ACV (g équiv. CO ₂ /kWh) | Valeurs ADEME 2015 (g équiv. CO ₂ /kWh) | Valeurs CITEPA (g équiv. CO ₂ /kWh) |
|--------------------------|--|---|--|---|
| Nucléaire | 4 | | 6 | |
| Hydraulique fil de l'eau | 6 | | | |
| Hydraulique retenue | 6 | | 4 | |
| Eoliennes | 11 | | 7 | |
| Photovoltaïque | | | 55 | |
| Hydraulique pompage | 140 | | | |
| Gaz (CC) | 438 | 352 | 406 | 350 |
| Gaz (TAC) | | 486 | | 593 |
| Diesels | 870 | | | 783 |
| Fioul (TAC) | 1 320 | 777 | 704 | 777 |
| Charbon | 1 030 | 986 | 1 038 | 956 |
| Bioénergies | | | | 983 |
| | <i>Source : Profil Environnemental du kWh EDF: EDF R&D; 2017</i> | <i>Source : RTE bilan 2017</i> | <i>Source : ADEME 2015, base Carbone</i> | <i>Source : CITEPA valeurs ENTOS-E</i> |

Principaux événements sur les changements climatiques

- Mai 1992 : lors de la conférence de Rio de Janeiro, **adoption par les Nations Unies de la convention-cadre sur les changements climatiques (CCNUCC)**
- Décembre 1997 : ratification du Protocole de Kyoto (à l'exclusion des Etats Unis)
- Février 2005 : **entrée en vigueur du protocole de Kyoto**
- Novembre 2007 : parution du 4^e rapport du GIEC
- Décembre 2009 et janvier 2010 : **négociations de Copenhague, les pays s'engagent à limiter le réchauffement climatique à 2 °C, mais sans fixer d'objectifs contraignants**
- Fin 2013, début 2014 : parution du 5^{ème} rapport du GIEC
- Décembre 2015 : **négociations post Kyoto à Paris (COP21)**, accord entré en vigueur le 4 novembre 2016 - engage tous les pays du monde à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre et à maintenir le réchauffement sous la barre des 2°C d'ici à 2100. (Fonds vert pour le climat : 100 milliards de dollars par an à partir de 2020). (Juin 2017, Trump annonce le retrait des Etats-Unis de l'Accord de Paris)
- Novembre 2017 : **COP 23** - lancement de «l'alliance» pour la sortie du charbon
- Octobre 2018 : **Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C** - « les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1 °C sont déjà bien réelles, comme l'attestent l'augmentation des extrêmes météorologiques, l'élévation du niveau de la mer et la diminution de la banquise arctique» - « d'ici à 2100, le niveau de la mer à l'échelle de la planète serait, si le réchauffement était limité à 1,5 °C, inférieur de 10 cm à celui qui risquerait d'être enregistré s'il était limité à 2 °C. La probabilité que l'océan arctique soit libre de glace en été serait d'une fois par siècle si le réchauffement est limité à 1,5 °C, mais d'au moins une fois tous les dix ans s'il est limité à 2 °C. Avec un réchauffement de 1,5 °C, 70 à 90 % des récifs coralliens disparaîtraient, alors qu'avec un réchauffement de 2 °C, la quasi-totalité (> 99 %) serait anéantie. » - «Pour limiter à 1,5 °C le réchauffement planétaire, les émissions mondiales nettes de dioxyde de carbone (CO₂) d'origine anthropique devraient être réduites d'environ 45 % par rapport aux niveaux de 2010 d'ici à 2030, et il faudrait atteindre un «bilan nul» des émissions aux alentours de 2050 »

Au niveau européen,

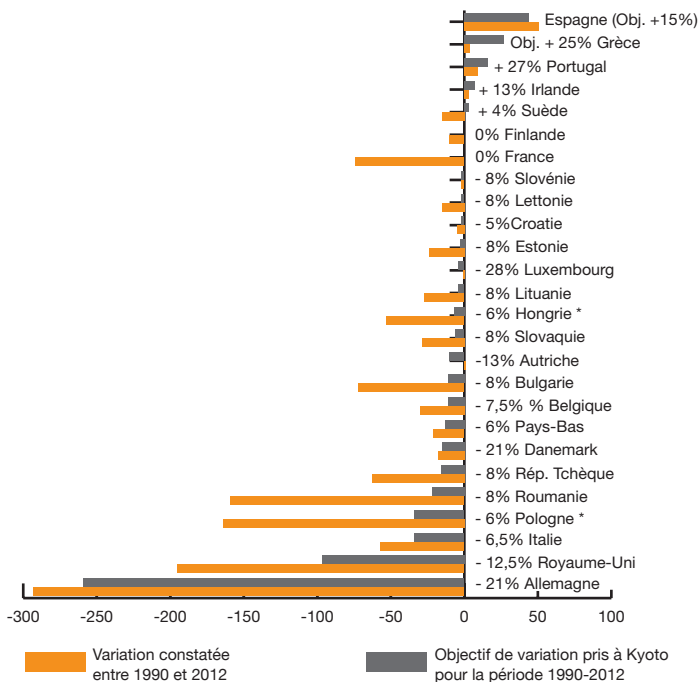
- Janvier 2005 : entrée en vigueur du système européen d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (EU-ETS)
- Décembre 2008: adoption du Paquet Energie Climat
- Mars 2011 : adoption de la feuille de route climat 2050
- Octobre 2014 : **adoption du Paquet Energie Climat 2030**
- Novembre 2016 : **publication du Paquet Energie Propre (EU Winter Package)**

Au niveau français,

- Juillet 2005 : adoption de la loi Pope (Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique de la France)
- Juillet - Décembre 2007 : **Grenelle de l'Environnement**
- 2009 (resp. 2010) : adoption de la loi Grenelle I (resp. II) par le Sénat et l'Assemblée nationale
- Juillet 2011 : **parution du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique**
- 2012 : première conférence environnementale
- 2013 : débat national sur la transition énergétique (DNTE)
- Août 2015 : **vote de la loi transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)**
- Novembre 2015 : **publication de la SNBC (Stratégie nationale bas carbone)**
- Octobre 2016 : **publication de la première PPE (Programmation pluriannuelle de l'énergie) 2016-2018 et 2019-2023.**
- 2018 : débat public Programmation Pluriannuelle de l'énergie organisé par la CNDP <https://ppe.debatpublic.fr/>
- Novembre 2018 : **publication de la nouvelle PPE 2018-2023 et 2024-2028.**

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE28 vis-à-vis des engagements de Kyoto (hors Malte et Chypre sans objectif)

Situation of greenhouse emissions for European countries toward Kyoto Protocol (Malta and Cyprus excluded)



* Estimation 1990

Source : Annual European Union GHG inventory 1990-2011 and inventory report 2013, 2013 EEA

Monde : évolution des émissions de CO₂ liées à la combustion

World: evolution of CO₂ emissions from fuel combustion

| Mt CO ₂ Mt of CO ₂ | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | % 1990- 2015 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 5 508 | 6 567 | 6 702 | 6 379 | 6 238 | 6 071 | 10 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 553 | 781 | 855 | 1 022 | 1 166 | 1 132 | 105 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 3 900 | 3 893 | 4 028 | 3 793 | 3 392 | 3 448 | -12 |
| Union européenne 28 European Union 28 | 4 024 | 3 787 | 3 920 | 3 612 | 3 160 | 3 201 | -20 |
| dont France of which France | 346 | 365 | 370 | 340 | 286 | 290 | -16 |
| Europe non-OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD-Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 3 940 | 2 377 | 2 471 | 2 537 | 2 463 | 2 403 | -39 |
| Moyen-Orient Middle East | 536 | 880 | 1 148 | 1 490 | 1 728 | 1 740 | 225 |
| Afrique Africa | 529 | 658 | 857 | 996 | 1 105 | 1 140 | 116 |
| Asie (dont Inde et Chine) Asia (of which India and China) | 5 824 | 8 156 | 11 290 | 14 840 | 17 158 | 17 259 | 196 |
| OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 1 587 | 1 992 | 2 100 | 2 151 | 2 226 | 2 202 | 39 |
| Mond World | 20 503 | 23 145 | 27 038 | 30 450 | 32 381 | 32 294 | 58 |
| dont OCDE of which OECD | 10 996 | 12 452 | 12 830 | 12 323 | 11 856 | 11 720 | 7 |
| dont soutes maritimes of which marine bunkers | 372 | 498 | 576 | 669 | 626 | 657 | 77 |
| dont soutes aéronautiques of which aviation bunkers | 259 | 354 | 421 | 457 | 504 | 530 | 105 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

La valeur « total Monde » ne correspond pas à la somme des lignes car certains pays sont inclus dans plusieurs regroupements.

Source : © OECD/IEA 2017 Emissions from fuel combustion, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t&c

www.iea.org/statistics/

Monde : émissions de CO₂ par habitant provenant de combustibles fossiles
World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

| t CO ₂ / habitant t CO ₂ / capita | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2014 | 2015 |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾ | 15,7 | 14,6 | 15,3 | 13,4 | 12,7 | 12,2 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 1,8 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,4 | 2,3 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾ | 8,7 | 7,8 | 7,5 | 6,9 | 6,1 | 6,1 |
| Union européenne 28 European Union 28 | - | 8,4 | 7,8 | 7,2 | 6,2 | 6,3 |
| <i>dont France</i> <i>of which France</i> | 8,3 | 5,9 | 6,0 | 5,2 | 4,3 | 4,4 |
| Europe non-OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾ | 10,3 | 11,5 | 7,0 | 7,5 | 7,3 | 7,1 |
| Moyen Orient Middle East | 3,4 | 4,2 | 5,5 | 7,3 | 7,7 | 7,7 |
| Afrique Africa | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Asie (dont Inde et Chine) Asia (including India and China) | - | 1,8 | 2,2 | 3,6 | 4,0 | 3,9 |
| OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾ | 7,0 | 8,3 | 9,8 | 10,2 | 10,4 | 10,3 |
| Monde World | 4,0 | 3,9 | 3,8 | 4,4 | 4,5 | 4,4 |
| OCDE OECD | 10,7 | 10,3 | 10,8 | 10,0 | 9,3 | 9,2 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir page 98 – for grouping of countries, see page 98.

Source : © OECD/IEA 2017 Emissions from fuel combustion, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t&c
www.iea.org/statistics/

Monde : émissions de CO₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles
 World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuel

| kg CO ₂ / US\$2010 selon PPA * kg CO ₂ / US\$ using 2010 prices and PPP * | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2014 | 2015 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America (1) | 0,65 | 0,50 | 0,42 | 0,35 | 0,31 | 0,30 |
| Amérique non OCDE Non OECD America | 0,19 | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe (2) | 0,43 | 0,32 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,18 |
| Union européenne 28 European Union 28 | - | 0,34 | 0,26 | 0,22 | 0,18 | 0,18 |
| <i>dont France</i> <i>of which France</i> | 0,35 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,12 |
| Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non-OECD Europe and Eurasia (3) | 0,93 | 0,88 | 0,79 | 0,51 | 0,45 | 0,44 |
| Moyen Orient Middle East | 0,18 | 0,29 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,35 |
| Afrique Africa | 0,23 | 0,25 | 0,25 | 0,22 | 0,22 | 0,21 |
| Asie (dont Inde et Chine) Asia (including India and China) | - | 0,44 | 0,39 | 0,39 | 0,37 | 0,35 |
| OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania (4) | 0,42 | 0,34 | 0,34 | 0,30 | 0,29 | 0,29 |
| Monde World | 0,53 | 0,45 | 0,38 | 0,34 | 0,32 | 0,31 |
| OCDE OECD | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,25 | 0,25 |

Notes : pour les regroupements de pays, voir p. 98 – for grouping of countries, see p. 98.

*PPA Prix et Parité du Pouvoir d'Achat - PPP Purchasing Power Parities

Source : © OECD/IEA 2017 Emissions from fuel combustion, IEA Publishing.

Licence: www.iea.org/t&c

www.iea.org/statistics/

DONNÉES ÉCONOMIQUES

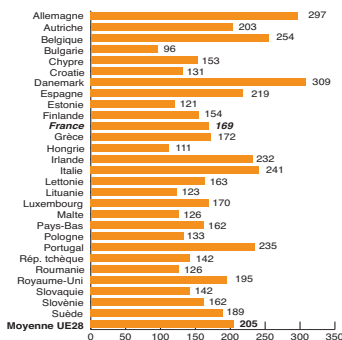
Prix de l'électricité pour client résidentiel, toutes taxes et prélèvements compris

| Prix TTC € / MWh | 2015 | 2016 | 2017 S2 | 2018 S1 |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| Allemagne | 295 | 297 | 305 | 295 |
| Autriche | 201 | 203 | 198 | 197 |
| Belgique | 213 | 254 | 288 | 273 |
| Bulgarie | 94 | 96 | 98 | 98 |
| Chypre | 196 | 153 | 183 | 190 |
| Croatie | 132 | 131 | 124 | 131 |
| Danemark | 307 | 309 | 301 | |
| Espagne | 231 | 218 | 218 | |
| Estonie | 130 | 121 | 132 | 135 |
| Finlande | 155 | 154 | 160 | 161 |
| France | 168 | 169 | 176 | 175 |
| Grèce | 177 | 172 | 162 | 187 |
| Hongrie | 113 | 111 | 113 | 112 |
| Irlande | 243 | 232 | 236 | 237 |
| Italie | 245 | 241 | 208 | 207 |
| Lettonie | 163 | 163 | 158 | |
| Lituanie | 126 | 123 | 111 | 110 |
| Luxembourg | 177 | 170 | 162 | 167 |
| Malte | 126 | 126 | 130 | 129 |
| Pays-Bas | 199 | 162 | 156 | 171 |
| Pologne | 144 | 133 | 145 | 141 |
| Portugal | 228 | 235 | 223 | 225 |
| Rép. Tchèque | 139 | 142 | 149 | 157 |
| Roumanie | 130 | 126 | 129 | 133 |
| Royaume-Uni | 213 | 195 | 186 | 184 |
| Slovaquie | 151 | 142 | 144 | 157 |
| Slovénie | 159 | 162 | 161 | 161 |
| Suède | 185 | 189 | 199 | 192 |
| Moyenne UE 28 | 209 | 205 | 205 | |

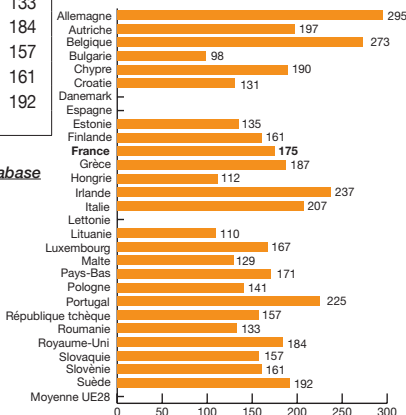
Source : Eurostat

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

Prix TTC de l'électricité pour les ménages de taille moyenne pour 2016

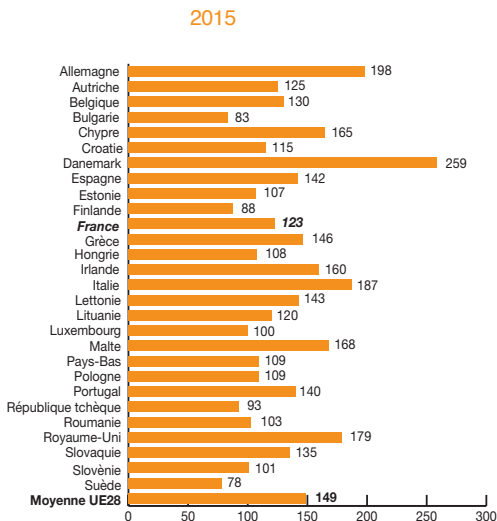


Prix TTC de l'électricité pour les ménages de taille moyenne pour 2018



Prix de l'électricité pour client Industriel de taille moyenne
Tranche IC : 500 MWh < Consommation < 2 000 MWh

| Prix TTC € / MWh | 2015 | 2018 S1 |
|----------------------|------------|------------|
| Allemagne | 198 | 197 |
| Autriche | 125 | 120 |
| Belgique | 130 | 131 |
| Bulgarie | 83 | 97 |
| Chypre | 165 | 165 |
| Croatie | 115 | 112 |
| Danemark | 259 | 258 |
| Espagne | 142 | 125 |
| Estonie | 107 | 104 |
| Finlande | 88 | 84 |
| France | 123 | 117 |
| Grèce | 146 | 116 |
| Hongrie | 108 | 104 |
| Irlande | 160 | 140 |
| Italie | 187 | 164 |
| Lettonie | 143 | 140 |
| Lituanie | 120 | 101 |
| Luxembourg | 100 | 90 |
| Malte | 168 | 141 |
| Pays-Bas | 109 | 104 |
| Pologne | 109 | 108 |
| Portugal | 140 | 138 |
| Rép. Tchèque | 93 | 89 |
| Roumanie | 103 | 99 |
| Royaume-Uni | 179 | 160 |
| Slovaquie | 135 | 140 |
| Slovénie | 101 | 105 |
| Suède | 78 | 85 |
| Moyenne UE 28 | 149 | 139 |



Source : Eurostat

France : Contribution Climat Energie ou taxe Carbone

Les objectifs d'évolution de la Contribution Climat Energie (CCE ou taxe carbone) fixés par les lois de la finance et la LTECV, sont rappelés ci-dessous :

Trajectoire d'évolution de la CCE
(en euros par tonne de CO₂)

| Année Year | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 (prévision) | 2019 (prévision) | 2020 (prévision) | 2030 (prévision) |
|------------------------------------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Valeur de la tonne CO ₂ | 7 | 14,5 | 22 | 30,5 | 39 | 47,5 | 56 | 100 |

Source : Lois de finances pour 2014, 2015, 2016 et LTECV.

Exemples de prix moyens des énergies en France (prix en monnaie courante)

Examples of average prices of energies in France (Price in legal currency)

| Exemples de prix de l'électricité pour 100 kWh | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Examples of Electricity prices | | | | | | | | | | |
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| Domestique Residential | | | | | | | | | | |
| (€ TTC/100kWh), simple tarif, selon la puissance souscrite : | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh in € including taxes, simple tariff depending on the subscribed power | | | | | | | | | | |
| | 3 kVA | 12,60 | 13,56 | 12,45 | 12,90 | 10,93 | 14,67 | 15,64 | 15,46 | 14,50 |
| | 6 kVA | 10,68 | 11,64 | 10,21 | 10,57 | 11,00 | 14,67 | 14,49 | 14,66 | 14,50 |
| Industriel Industrial | | | | | | | | | | |
| (€ HTVA/100kWh), tarif bleu, selon la période | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh in € excluding taxes, blue tariff, depending on time period | | | | | | | | | | |
| | Heures pleines | 9,13 | 9,65 | 8,54 | 8,83 | 9,67 | 12,02 | 11,60 | 12,95 | 13,09 |
| | Heures creuses | 5,18 | 5,49 | 5,23 | 5,38 | 6,42 | 8,64 | 10,09 | 10,29 | 10,36 |

Source : base de données internet Pégase Octobre 2018, Observatoire de l'énergie

| Exemples de prix du gaz (Proche banlieue parisienne hors Paris) | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Examples of gas prices (Paris suburbs area excluding Paris) | | | | | | | | | | |
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| Domestique Residential | | | | | | | | | | |
| Prix de 100 kWh PCS ⁽¹⁾ , en € TTC, simple tarif | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh GCV ⁽¹⁾ in € including taxes, simple tariff | | | | | | | | | | |
| | Tarif de base basic price | 5,36 | 5,01 | 5,77 | 6,94 | 8,81 | 9,59 | 8,86 | 8,12 | 9,89 |
| Industriel Industrial | | | | | | | | | | |
| Prix de 100 kWh PCS ⁽¹⁾ , en € HTVA, tarif B2S, selon la saison | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh GCV ⁽¹⁾ in € excluding taxes, B2S tariff depending on season | | | | | | | | | | |
| | Hiver Winter | 2,06 | 2,02 | 2,38 | 3,23 | 4,29 | 4,39 | 4,09 | 4,28 | 5,23 |
| | Été Summer | 1,60 | 1,55 | 1,87 | 2,70 | 2,83 | 2,61 | 4,09 | 4,28 | 5,23 |

Source : base de données internet Pégase Octobre 2018, Observatoire de l'énergie

| Exemples de prix du fioul (moyenne France entière) | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Examples of fuel oil prices (France average) | | | | | | | | | | |
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| Domestique Residential | | | | | | | | | | |
| Prix de 100 kWh PCI, en € TTC, pour une livraison de 2 000 à 5 000 litres ⁽²⁾ | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh NCV in € including taxes, for a 2,000 - 5,000 l delivery ⁽²⁾ | | | | | | | | | | |
| | tarif «C1» | 3,77 | 3,17 | 4,68 | 6,26 | 8,02 | 5,73 | 7,46 | 8,01 | 9,55 |
| Industriel Industrial | | | | | | | | | | |
| Prix de 100 kWh PCI, en € HTVA, selon la teneur en soufre ⁽³⁾ | | | | | | | | | | |
| Price of 100 kWh NCV in € excluding taxes, depending on percentage of sulphur ⁽³⁾ | | | | | | | | | | |
| | HTS High percentage | 1,24 | 1,05 | 1,59 | 2,15 | nd | nd | nd | | |
| | BTS Low percentage | nd | 1,12 | 1,87 | 2,56 | nd | nd | nd | | |
| | TBTS Very low percentage | nd | nd | 2,03 | 2,83 | 3,79 | 2,41 | 3,97 | 4,22 | 5,31 |

Source : base de données internet Pégase 2018, Observatoire de l'énergie

(1) Pouvoir Calorifique Supérieur Gross Calorific Value

(2) Pouvoir Calorifique Inférieur de 11,8 kWh/kg Net Calorific Value of 11,8 kWh/kg

(3) Pouvoir Calorifique Inférieur de 11,08 kWh/kg Net Calorific Value of 11,08 kWh/kg

France: Prix de l'uranium (moyenne zone Euratom)

France: Uranium prices (Euratom average)

| | | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Prix moyen pondéré des contrats à long terme | \$/lb ⁽¹⁾ | 36,0 | 29,4 | 17,5 | 13,1 | 16,1 | 31,5 | 40,2 | 36,9 | 35,0 |
| Long term contracts average prices | €/kg ⁽²⁾ | 67,2 | 60,0 | 34,8 | 37,0 | 33,6 | 61,7 | 94,3 | 86,6 | 80,6 |
| Prix moyen annuel des échanges spot | \$/lb ⁽¹⁾ | 35,0 | 9,7 | 7,7 | 8,1 | 21,2 | 40,5 | 37,9 | 37,7 | 24,0 |
| Spot price | €/kg ⁽²⁾ | 65,3 | 19,8 | 15,3 | 22,8 | 44,3 | 79,5 | 88,7 | 88,6 | 55,2 |

(1) US\$ courants/lb U₃O₈ Current US\$/lb U₃O₈

(2) Euros courants/kg U Current €/kg U

Source : http://ec.europa.eu/euratom/observatory_price.html

France : prix CAF des énergies importées

France: CIF prices of imported energy

| Monnaie courante Legal currency | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017* | 2018** |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| Cours internationaux moyens International average price | | | | | | | | | |
| <i>US Dollar / Euro</i> | 0,76 | 0,72 | 0,78 | 0,75 | 0,75 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | |
| Brent (pétrole Mer du Nord) (\$/bl) | 79 | 111 | 112 | 109 | 99 | 52 | 44 | 54 | |
| Brent (pétrole Mer du Nord) (€/bl) | 60 | 80 | 87 | 82 | 74 | 47 | 39 | 48 | |
| Gaz NBP, cours moyen spot (€/MWh) NBP Gas, spot average price (€/MWh) | 16,7 | 22,2 | 25,1 | 27,4 | 21,2 | 20,1 | 14,4 | 17,6 | |
| Epex spot Fr - baseload mensuel moyen (€/MWh) | 47 | 49 | 47 | 43 | 35 | 39 | 37 | 45 | |
| Epex spot Fr - peakload mensuel moyen (€/MWh) | 54 | 56 | 54 | 49 | 39 | 42 | 41 | 49 | |
| Prix moyen à l'importation Average importation price | | | | | | | | | |
| Pétrole brut (€/t) Crude oil | 446 | 597 | 650 | 618 | 570 | 367 | 292 | 365 | 440 |
| Pétrole brut (\$/bl) Crude oil | 80 | 113 | 114 | 112 | 103 | 55 | 44 | 56 | 72 |
| Produits pétroliers raffinés (€/t) Petroleum products (€/t) | 494 | 635 | 726 | 685 | 626 | 465 | 374 | 450 | 512 |
| Electricité exportée (€/MWh) | 44 | 48 | 44 | 41 | 34 | 38 | 35 | 44 | 41 |

CAF: Coût Assurance Fret CIF Cost Insurance Freight

NBP : National Balancing Point (marché notional sur le National Transmission System (GB) utilisé comme point de livraison du gaz vendu ou acheté)

* 2017 Provisoire Estimated

** Données de janvier à juillet 2018

Source: base de données internet Pégase 2018, Observatoire de l'énergie

GÉNÉRALITÉS

TABLEAU DE MENDELÉÏEV

Tableau périodique des éléments

- métaux alcalins
- métaux alcalino-terreux
- autres éléments non métalliques
- lanthanides
- halogènes
- gaz rares
- actinides

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| groupe 1 | 1 H hydrogène 1,0079 | 2 He hélium 4,0026 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 Li lithium 6,941 | 4 Be béryllium 9,0122 | 5 B bore 10,811 | 6 C carbone 12,0107 | 7 N azote 14,0067 | 8 O oxygène 15,9994 | 9 F fluor 18,9984 | 10 Ne néon 20,1797 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 11 Na sodium 22,9898 | 12 Mg magnésium 24,3050 | 13 Al aluminium 26,9815 | 14 Si silicium 28,0855 | 15 P phosphore 30,9738 | 16 S soufre 32,065 | 17 Cl chlore 35,453 | 18 Ar argon 39,948 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 19 K potassium 39,0983 | 20 Ca calcium 40,078 | 21 Sc scandium 44,9559 | 22 Ti titane 47,867 | 23 V vanadium 50,9415 | 24 Cr chrome 51,9961 | 25 Mn manganèse 54,9380 | 26 Fe fer 55,845 | 27 Co cobalt 58,9332 | 28 Ni nickel 58,6934 | 29 Cu cuivre 63,546 | 30 Zn zinc 65,38 | 31 Ga gallium 69,723 | 32 Ge germanium 72,64 | 33 As arsenic 74,9216 | 34 Se sélénium 78,96 | 35 Br brome 79,904 | 36 Kr krypton 83,798 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 37 Rb rubidium 85,4678 | 38 Sr strontium 87,62 | 39 Y yttrium 88,9058 | 40 Zr zincium 91,224 | 41 Nb niobium 92,9063 | 42 Mo molybdène 95,94 | 43 Tc technétium 98 | 44 Ru ruthénium 101,07 | 45 Rh rhodium 102,9055 | 46 Pd palladium 106,42 | 47 Ag argent 107,8682 | 48 Cd cadmium 112,411 | 49 In indium 114,818 | 50 Sn étain 118,710 | 51 Sb antimoine 121,76 | 52 Te tellure 127,6 | 53 I iode 126,9054 | 54 Xe xénon 131,29 | | | | | | | | | | | |
| 6 | 55 Cs césium 132,9054 | 56 Ba baryum 137,327 | 57 La lanthane 138,905 | 58 Ce cerium 140,116 | 59 Pr praseodyme 140,9077 | 60 Nd néodyme 144,242 | 61 Pm prométhéum [145] | 62 Sm samarium 150,36 | 63 Eu europium 151,964 | 64 Gd gadolinium 157,25 | 65 Tb terbium 158,923 | 66 Dy dysprosium 162,50 | 67 Ho holmium 164,9303 | 68 Er erbium 167,259 | 69 Tm thulium 168,9342 | 70 Yb ytterbium 173,054 | 71 Lu lutétium 174,968 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 87 Fr francium [223] | 88 Ra radium [226] | 89 Ac actinium [227] | 90 Th thorium 232,0381 | 91 Pa protactinium 231,0359 | 92 U uranium 238,02891 | 93 Np néptunium [237] | 94 Pu plutonium [244] | 95 Am américium [243] | 96 Cm curium [247] | 97 Bk berkélium [247] | 98 Cf californium [251] | 99 Es éinsteinium [252] | 100 Fm fermium [257] | 101 Md mendelevium [258] | 102 No nobélium [259] | 103 Lr lawrencium [262] | | | | | | | | | | | | |

numéro atomique — **Fe** — symbole de l'élément (en blanc et orange : aucun isotope stable)
 nom de l'élément — fer —
 masse atomique, basée sur ¹²C — 55,845 —
 0 : nombre de masse de l'isotope le plus stable

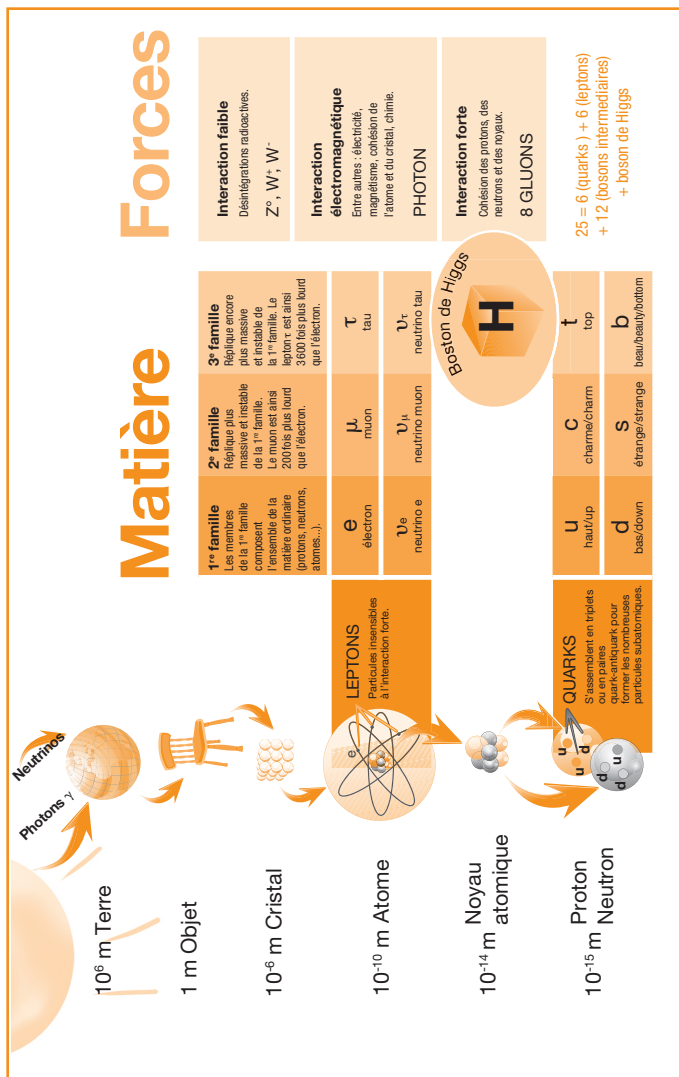
Le symbole en blanc ou orange indique l'absence de nucléides stables.
 Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de masse de l'isotope le plus stable.



SYMBOLES

ELEMENTS ET ISOTOPES

| | |
|------------------|------------------------------|
| Ag | argent |
| Am | americium |
| Ar | argon |
| Ba | baryum |
| Br | brome |
| C | carbone |
| Cd | cadmium |
| Cl | chlore |
| Co | cobalt |
| CO ₂ | dioxyde de carbone |
| Cs | césium |
| D | deutérium |
| F | fluor |
| H | hydrogène |
| I | iode |
| Ir | iridium |
| Kr | krypton |
| N | azote |
| Na | sodium |
| NO ₂ | dioxyde d'azote |
| NO _x | oxyde d'azote (en général) |
| Np | neptunium |
| K | potassium |
| O | oxygène |
| Pu | plutonium |
| PuO ₂ | dioxyde de plutonium |
| Ra | radium |
| Rb | rubidium |
| Rh | rhodium |
| Rn | radon |
| Ru | ruthénium |
| SO ₂ | dioxyde de soufre |
| SO _x | oxyde de soufre (en général) |
| Sr | strontium |
| T | tritium |
| Tc | technétium |
| Th | thorium |
| Tl | thallium |
| U | uranium |
| UF ₆ | hexafluorure d'uranium |
| UO ₂ | dioxyde d'uranium |
| Xe | xénon |



Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes

Half-life, radioactivity and applications of the principal isotopes

| Z | Élément | État | Période | Alpha (MeV) | Bêta (MeV) | Gamma (MeV) | X (MeV) | Utilisation |
|----|---------|------|---------|-------------------------|------------|-------------|---------|-----------------------|
| 0 | n | 1 | F | 10,3 m | 0,7824 | | | diverses |
| 1 | H | 3 | F | 12,32 a | 0,01860 | | | fusion, traceur |
| 4 | Be | 7 | F | 53,2 j | | 0,4776 | | datation, traceur |
| 6 | C | 14 | F | 5 730 a | 0,1565 | | | datation, traceur |
| 11 | Na | 22 | F | 2,603 a | 0,545 | 1,275 | | médecine |
| 11 | Na | 24 | F | 14,96 h | 1,389 | 1,369 | | traceur |
| | | | | | | 2,754 | | |
| 19 | K | 40 | F | 1,26.10 ⁹ a | 1,312 | 1,461 | | datation |
| 26 | Fe | 55 | F | 2,73 a | | | 0,006 | fluorescence X |
| 26 | Fe | 59 | F | 44,51 j | 0,273 | 1,099 | | traceur |
| | | | | | 0,475 | 1,292 | | |
| 27 | Co | 58 | F | 70,86 j | | 0,8108 | | traceur |
| 27 | Co | 60 | F | 5,271 a | 0,315 | 1,173 | | irradiation, |
| | | | | | | 1,333 | | médecine |
| 36 | Kr | 85 | F | 10,71 a | 0,15 | 0,5140 | | traceur, jauges |
| 38 | Sr | 90 | F | 28,15 a | 0,546 | | | jauges |
| 43 | Tc | 99 | M | 6,01 h | | 0,1405 | 0,02 | médecine |
| | | | | | | 0,1426 | | |
| 53 | I | 125 | F | 59,4 j | | 0,0355 | 0,03 | médecine |
| 53 | I | 131 | F | 8,02 j | 0,606 | 0,3645 | | médecine |
| 54 | Xe | 133 | F | 5,243 j | 0,346 | 0,08100 | 0,031 | médecine |
| 54 | Xe | 133 | M | 2,19 j | | 0,2333 | 0,030 | |
| 55 | Cs | 134 | F | 2,065 a | 0,658 | 0,6047 | | sans utilisation |
| | | | | | | 0,7958 | | |
| 55 | Cs | 137 | F | 30,17 a | 0,514 | 0,6616 | | jauges |
| 63 | Eu | 152 | F | 13,5 a | 0,69 | 0,3443 | | sans utilisation |
| | | | | | 1,47 | 1,408 | | |
| 77 | Ir | 192 | F | 73,83 j | 0,672 | 0,3165 | | brachythérapie |
| | | | | | | 0,4681 | | radiographie γ |
| 79 | Au | 198 | F | 2,694 j | 0,961 | 0,4118 | | médecine, traceur |
| 81 | Tl | 201 | F | 3,041 j | | 0,1674 | 0,071 | médecine |
| 81 | Tl | 208 | F | 3,053 m | 1,796 | 0,5830 | 0,071 | sans utilisation |
| | | | | | | 2,615 | | |
| 86 | Rn | 222 | F | 3,8235 j | 5,490 | 0,510 | | sans utilisation |
| 88 | Ra | 226 | F | 1 600 a | 4,784 | 0,1861 | | sans utilisation |
| | | | | | | 0,2624 | | |
| 90 | Th | 232 | F | 1,4.10 ¹⁰ a | 4,010 | 0,0590 | | datation, traceur |
| 92 | U | 235 | F | 7,04.10 ⁸ a | 4,494 | 0,1857 | | combustible |
| 92 | U | 238 | F | 4,46.10 ⁹ a | 4,196 | 0,04354 | | datation, traceur. |
| | | | | Fertile * | | | | |
| 93 | Np | 237 | F | 2,14.10 ⁶ a | 4,788 | 0,08653 | | sans utilisation |
| 94 | Pu | 239 | F | 2,411.10 ⁴ a | 5,156 | 0,4137 | 0,02 | combustible |
| 95 | Am | 241 | F | 432,2 a | 5,486 | 0,05954 | 0,02 | jauges |
| 98 | Cf | 252 | F | 2,64 a | 6,118 | | | diagraphie |
| | | | | | | spontanée | | |

| | UNITÉ | VALEUR EN SYSTÈME INTERNATIONAL (SI) | SYMBOLE |
|---|---------------------|--|---------|
| longueur (L) | fermi | 10^{-15} m | fm |
| | angström | 10^{-10} m | Å |
| | micron | 10^{-6} m | μ |
| | mètre | 1 m | m |
| | mille nautique | 1 852 m | |
| | unité astronomique | $1,496 \cdot 10^{11}$ m | u.a. |
| | année lumière | $9,461 \cdot 10^{15}$ m | a.l. |
| | parsec | $3,0857 \cdot 10^{16}$ m | pc |
| masse (M) | masse de l'électron | $9,109558 \cdot 10^{-31}$ kg | |
| | dalton ou unité | | |
| | de masse atomique | $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg | u.m.a. |
| | carat métrique | $2 \cdot 10^{-4}$ kg | |
| | kilogramme | 1 kg | kg |
| | quintal | 100 kg | q |
| | tonne | 1 000 kg | t |
| | masse solaire | $1,991 \cdot 10^{30}$ kg | M |
| temps (T) | seconde | 1 s | s |
| | jour solaire moyen | 86 400 s | j, d |
| | jour sidéral | 86 164,1 s | |
| température (Θ) | kelvin | 1 K | K |
| | degré Celsius | 1 K | °C |
| | électronvolt | 11 605 K | eV |
| quantité de matière | mole | 1 mol | mol |
| surface (L ²) | barn | 10^{-28} m ² | b |
| | are | 100 m ² | a |
| volume capacité (L ³) | litre | 10^{-3} m ³ | l |
| | stère | 1 m ³ | st |
| | baril de pétrole | 0,15898 m ³ | |
| fréquence (T ⁻¹) | hertz | 1 s ⁻¹ | Hz |
| vitesse linéaire (LT ⁻¹) | nœud | 0,514 ms ⁻¹ | |
| accélération linéaire (LT ⁻²) | gal | 0,01 ms ⁻² | |
| force (MLT ⁻²) | dyne | 10^{-5} N | dyn |
| | newton | 1 N | N |
| | kilogramme-force | 9,81 N | kgf |

| | UNITÉ | VALEUR EN SYSTÈME INTERNATIONAL (SI) | SYMBOLE |
|--|-----------------------|---|---------------------|
| énergie, travail | électronvolt | 1,602.10 ⁻¹⁹ J | eV |
| quantité de chaleur (ML ² T ⁻²) | erg | 10 ⁻⁷ J | |
| | joule | 1 J | J |
| | calorie | 4,184 J | cal |
| | wattheure | 3 600 J | Wh |
| | thermie | 4,184.10 ⁶ J | th |
| puissance (ML ² T ⁻³) | watt | 1 W | W |
| | cheval-vapeur | 735,5 W | ch |
| pression (ML ⁻¹ T ⁻²) | barye | 10 ⁻¹ Pa | |
| | pascal | 1 Pa | Pa |
| | torr | 133,332 Pa | |
| | pièze | 10 ³ Pa | pz |
| | centimètre de mercure | 1 333,32 Pa | cmHg |
| | kilogramme-force | 1,66.10 ⁻²⁷ kg | u.m.a. |
| | par centimètre carré | 9,8.10 ⁴ Pa | kgf/cm ² |
| | bar | 10 ⁵ Pa | |
| atmosphère | 101 325 Pa | | |
| viscosité dynamique (ML ⁻¹ T ⁻¹) | poise | 0,1 PI | Po |
| | poiseuille | 1 PI | PI |
| viscosité cinématique (L ² T ⁻¹) | stokes | 10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹ | Sk |
| intensité électrique (I) | ampère | 1 A | A |
| quantité d'électricité | franklin | 3,33564.10 ⁻¹⁰ C | Fr |
| charge électrique (IT) | coulomb | 1 C | C |
| | faraday | 96 494 C | |
| potentiel (ML ² T ⁻³ I ⁻¹) | volt | 1 V | V |
| résistance (ML ² T ⁻³ I ⁻²) | ohm | 1 Ω | Ω |
| capacité (M ⁻¹ L ⁻² T ⁴ I ²) | centimètre | 1,112.10 ⁻² F | |
| | farad | 1 F | F |
| conductance (M ⁻¹ L ⁻² T ³ I ²) | siemens | 1 S | S |
| inductance (ML ² T ⁻² I ⁻²) | centimètre | 10 ⁻⁹ H | cm |
| | henry | 1 H | H |
| induction magnétique (MT ⁻² I ⁻¹) | gauss | 10 ⁻⁴ T | Gs, G |
| | tesla | 1 T | T |

| | UNITÉ | VALEUR EN SYSTÈME INTERNATIONAL (SI) | SYMBOLE |
|---|------------------|---|----------|
| flux d'induction magnétique ($ML^2 T^{-2} I^{-1}$) | maxwell weber | 10^{-8} Wb 1 Wb | Mx Wb |
| moment magnétique ($ML^3 T^{-2} I^{-1}$) | debye | $3,355 \cdot 10^{-30}$ Cm | D |
| intensité lumineuse (I_e) | candela | 1 cd | cd |
| luminance ($L^{-2} I_e$) | nit | 1 nit | nit |
| | stilb | 10^4 nit | sb |
| éclairage ($L^{-2} I_e$) | lux | 1 lx | lx |
| | phot | 10^4 lx | ph |
| flux lumineux (I_e) | lumen | $0,00147$ W (à $5\,550 \text{ \AA}$) | lm |
| vergence (L^{-1}) | dioptrie | 1 m^{-1} | δ |
| radioactivité (activité) | becquerel | 1 Bq | Bq |
| | curie | $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq (désintégrations par seconde) | Ci |
| radioactivité (dose) | röntgen | $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg | R |
| | rad | 10^{-2} Gy | rad |
| | gray | 1 Gy | Gy |
| information | bit | unité élémentaire de quantité d'information | |
| débit d'information | baud | 1 bit par seconde | |
| atténuation | bel | | B |
| | neper | | Np |
| angle plan arc | seconde | $4,845 \cdot 10^{-6}$ rad | " |
| | minute | $2,9 \cdot 10^{-4}$ rad | ' |
| | grade | 0,0157079 rad | gr, G |
| | degré | 0,0174533 rad | ° |
| | radian | 1 rad | rad |
| angle solide | stéradian | 1 sr | sr |
| | spat | 4π sr | sp |

NB : en gras les unités de base du Système international.

Source : *Encyclopædia Universalis*, 1986.

Préfixes des multiples et sous-multiples décimaux des unités du Système international

| Préfixe | Facteur | Symbole | Préfixe | Facteur | Symbole |
|---------|-----------|---------|---------|------------|---------|
| exa | 10^{18} | E | déci | 10^{-1} | d |
| péta | 10^{15} | P | centi | 10^{-2} | c |
| téra | 10^{12} | T | milli | 10^{-3} | m |
| giga | 10^9 | G | micro | 10^{-6} | μ |
| méga | 10^6 | M | nano | 10^{-9} | n |
| kilo | 10^3 | k | pico | 10^{-12} | p |
| hecto | 10^2 | h | femto | 10^{-15} | f |
| déca | 10^1 | da | atto | 10^{-18} | a |

Unités de mesure anglosaxonnes

LONGUEURS (Length)

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 inch (in) | 25,4 mm |
| 1 foot (ft) = 12 inches | 30,48 cm |
| 1 yard (yd) = 3 feet | 91,44 cm |
| 1 rod, pole or perch = 5 1/2 yards | 5,029 m |
| 1 chain (ch) = 22 yards | 20,12 m |
| 1 furlong (fur) = 220 yards | 201,168 m |
| 1 mile = 8 furlongs | 1,6093 km |
| 1 league = 3 miles | 4,828 km |

SURFACES (Area)

| | |
|------------------------------------|------------------------|
| 1 square inch | 6,4516 cm ² |
| 1 sq. foot = 144 sq. inches | 929,03 cm ² |
| 1 sq. yard = 9 sq. feet | 0,8361 m ² |
| 1 acre = 4 roods = 4 840 sq. yards | 0,405 ha |
| 1 sq. mile = 640 acres | 259 ha |

VOLUMES (Capacity)

| | |
|-------------------------------|----------|
| 1 fluid ounce (GB) | 28,41 ml |
| 1 fluid ounce (US) | 29,57 ml |
| 1 pint (GB) = 20 fluid ounces | 0,5683 l |
| 1 pint (US) = 16 fluid ounces | 0,4732 l |
| 1 quart (GB) = 2 pints | 1,1365 l |
| 1 quart (US) = 2 pints | 0,9464 l |
| 1 gallon (GB) = 4 quarts | 4,5461 l |
| 1 gallon (US) = 4 quarts | 3,7854 l |

POIDS (Weights)

| | |
|---|--------------|
| 1 grain (gr) | 64,8 mg |
| 1 ounce (oz) = 437,5 grains | 28,35 g |
| 1 pound (lb) = 16 ounces | 453,592 g |
| 1 stone (GB) = 14 pounds | 6,3503 kg |
| 1 quarter = 2 stone | 12,7 kg |
| 1 (long) hundredweight (GB) = 112 pounds | 50,8 kg |
| 1 (short) hundredweight (US) = 100 pounds | 45,36 kg |
| 1 (long) ton (GB) = 2 240 pounds | 1 016,047 kg |
| 1 (short) ton (US) = 2 000 pounds | 907,185 kg |

MESURES NAUTIQUES (Nautical units)

| | |
|--|-----------|
| 1 fathom = 6 feet | 1,829 m |
| 1 cable = 608 feet (in the British Navy) | 185,31 m |
| 1 cable = 720 feet (in the US Navy) | 219,46 m |
| 1 nautical (or sea) mile = 6 080 feet | 1,852 km |
| 1 sea league = 3 sea miles | 5,55 km |
| 1 degree = 60 sea miles | 111,12 km |

TEMPÉRATURE (Temperature)

| | Fahrenheit | Celsius (°C) |
|----------------------|-------------|--------------|
| Ébullition de l'eau | 212 °F | 100 °C |
| Congélation de l'eau | 32 °F | 0 °C |
| | 14 °F | - 10 °C |
| | 0 °F | - 17,8 °C |
| Zéro absolu | - 459,67 °F | - 273,15 °C |

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 ^{\circ}\text{C} + 32$$

Constantes physiques fondamentales

| Constante | Symbole usuel | Valeur | Unité | Incertitude relative (ppm) |
|--|---------------|---|--|----------------------------|
| vitesse de la lumière dans le vide | c | 299 792 458 | ms^{-1} | (par définition) |
| perméabilité du vide | μ_0 | $4\pi 10^{-7}$ $= 12,566 370 614\dots$ | NA^{-2} 10^{-7}NA^{-2} | (calculé) |
| permittivité du vide | ϵ_0 | $1/\mu_0 c^2$ $= 8,854 187 817\dots$ | 10^{-12}Fm^{-1} | (calculé) |
| constante de gravitation | G | 6,672 59 (85) | $10^{-11} \text{m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ | 128 |
| constante de Planck | h | 6,626 075 5 (40) | 10^{-34}Js | 0,60 |
| $h/2\pi$ | \hbar | 1,054 572 66 (63) | 10^{-34}Js | 0,60 |
| charge élémentaire | e | 1,602 177 33 (49) | 10^{-19}C | 0,30 |
| flux magnétique, $h/2e$ | ϕ_0 | 2,067 834 61 (61) | 10^{-15}Wb | 0,30 |
| masse de l'électron | m_e | 9,109 389 7 (54) | 10^{-31}kg | 0,59 |
| masse du proton | m_p | 1,672 623 1 (10) | 10^{-27}kg | 0,59 |
| quotient des masses | | | | |
| proton-électron | m_p/m_e | 1 836,152 701 (37) | | 0,020 |
| constante de structure fine | α | 7,297 353 08 (33) | 10^{-3} | 0,045 |
| inverse constante de structure fine | α^{-1} | 137,035 989 5 (61) | | 0,045 |
| constante de Rydberg | R_{∞} | 10 973 731,534 (13) | m^{-1} | 0,0012 |
| nombre d'Avogadro | N_A, L | 6,022 136 7 (36) | 10^{23}mol^{-1} | 0,59 |
| constante de Faraday, $N_A e$ | F | 96 485,309 (29) | Cmol^{-1} | 0,30 |
| constante des gaz parfaits | R | 8,314 510 (70) | $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ | 8,4 |
| Constante de Boltzmann, R/N_A | k | 1,380 658 (12) | 10^{-23}JK^{-1} | 8,5 |
| Constante de Stefan-Boltzmann | σ | 5,670 51 (19) | $10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ | 34 |
| Autres unités non SI complémentaires | | | | |
| électronvolt, $(e/C)\text{J} = \{e\}\text{J}$ | eV | 1,602 177 33 (49) | 10^{-19}J | 0,30 |
| unité de masse atomique | u | 1,660 540 2 (10) | 10^{-27}kg | 0,59 |
| $1 \text{ u} = m_{\text{H}} = 1/12 m(^{12}\text{C})$ | | | | |

Source : Handbook of Chemistry and Physics, 74th Ed. 1993, CRC Press.

LE CEA

PRÉSENTATION



Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives a quatre grandes missions : les énergies nucléaire et renouvelables, la recherche technologique pour l'industrie, la défense et la sécurité globale, la recherche fondamentale en sciences de la matière et en sciences du vivant. Il participe également à la conception, au suivi et à l'exploitation des Très grandes infrastructures de recherche (TGIR).

Le CEA est implanté sur 9 centres répartis dans toute la France. Il développe de nombreux partenariats avec les autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités. A ce titre, le CEA est partie prenante des alliances nationales coordonnant la recherche française dans les domaines de l'énergie (ANCRE), des sciences de la vie et de la santé (AVIESAN), des sciences et technologies du numérique (ALLISTENE), des sciences de l'environnement (AllEnv) et des sciences humaines et sociales (ATHENA).

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA est pleinement inséré dans l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante au niveau international. Il assure la représentation de la France au sein des grandes agences nucléaires et anime un réseau de 13 conseillers nucléaires à l'étranger au sein de nos ambassades.

Une variété de programmes articulés autour de cinq grands axes :

Au service de la Défense nationale

Le CEA mène ses recherches dans le cadre du programme de dissuasion nucléaire français. La mission nucléaire de défense fait l'objet d'une programmation à 15 ans, qui s'inscrit dans une vision à 30 ans de la Défense nationale, décidée par le Président de la République. Elle est encadrée par la Loi de programmation militaire. Par ailleurs, qu'il s'agisse de lutte contre le terrorisme, de cybersécurité ou de capacité d'alerte en cas de séisme et de tsunami, il apporte les technologies qui permettent d'affronter les risques émergents et de renforcer la sécurité.

Les énergies nucléaire et renouvelables

Acteur de référence des recherches sur l'énergie, le CEA mobilise son expertise et ses compétences pluridisciplinaires pour proposer des solutions technologiques innovantes en réponse aux grands défis de notre société, tels que la transition énergétique, les énergies nucléaire et renouvelables, la compréhension des mécanismes du changement climatique. Il apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour permettre une production d'électricité nucléaire durable, sûre et économiquement compétitive, et contribue aux politiques nationale et internationale de sécurité nucléaire. Il développe aussi une stratégie de recherche sur le système énergétique portant à la fois sur les moyens de production d'électricité, nucléaire et renouvelable (solaire), sur l'amélioration de l'efficacité énergétique et sur les moyens d'adaptation dynamique entre l'offre et la demande, par le stockage d'énergie (batteries), l'utilisation du vecteur hydrogène ou les réseaux intelligents.

Recherche technologique pour l'industrie

Le CEA contribue, au service de la compétitivité de la France, au développement technologique, notamment numérique, pour répondre aux besoins de la recherche, de l'industrie et de la société, au transfert de connaissances, de compétences et de technologies vers l'industrie, à la valorisation des résultats de ses recherches. En lien étroit avec la recherche académique et le monde industriel, le CEA soutient les industriels et la création d'entreprises de technologies innovantes. Possédant un savoir-faire unique issu d'une culture de l'innovation, il a pour mission de produire et diffuser des technologies, en assurant un « pont » entre le monde scientifique et le monde économique. En étroite collaboration avec les acteurs locaux, CEA Tech dispose de plates-formes de transfert technologique (PRTT) dans les régions Occitanie (Toulouse), Nouvelle Aquitaine (Bordeaux), Pays de la Loire (Nantes), Grand Est (Metz), Hauts-de-France (Lille) et renforce ses activités en Provence Alpes-Côte d'Azur.

Dans le secteur de la santé, le CEA participe aux progrès considérables de la biologie et de la génomique, aux avancées des technologies de l'imagerie et des dispositifs médicaux, et se prépare à l'exploitation statistique des données massives. Le croisement des biotechnologies, des nanotechnologies et du numérique prépare la médecine du futur, qui deviendra personnalisée, ambulatoire et moins invasive.

Recherche fondamentale

Le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale dynamique en sciences de la matière et en sciences du vivant, tant en interne que sous forme de nombreux partenariats avec les autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités.

Les Très grandes infrastructures de recherche (TGIR)

La conception et l'exploitation des Très grandes infrastructures de recherche sont une compétence reconnue du CEA, en France comme à l'international.

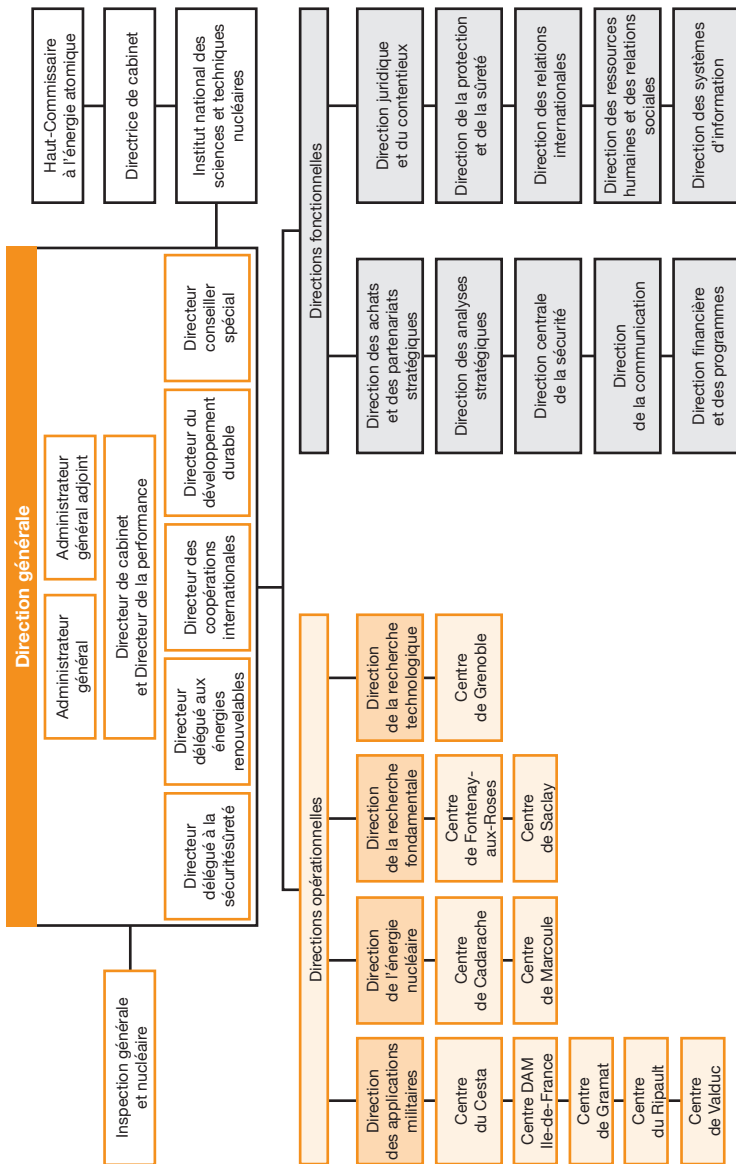
L'astrophysique et la physique des particules sont deux domaines où il est particulièrement présent, avec respectivement les grands instruments d'observation, au sol ou dans l'espace, et le LHC (Large Hadrons Collider à Genève) ou le Ganil (Grand accélérateur national d'ions lourds, à Caen).

La simulation numérique (supercalculateur Curie, en projet), l'étude de la matière (synchrotrons), la physique des lasers (laser Mégajoule), la physique des plasmas, font également l'objet de grands projets collaboratifs autour de TGIR, auxquels le CEA apporte son expertise.

Cela suppose des programmes de recherche tant pour la conception des infrastructures (cryotechnologies, instrumentation, développement de matériaux...) que pour l'analyse des données qui en sont issues.

Pour ces projets souvent montés grâce à des coopérations internationales, le CEA a, aux côtés du CNRS, un rôle de représentation de la France.

Organigramme du CEA



Pour plus d'informations sur le CEA

Siège social :
CEA
Bâtiment Le ponant D
25 rue Leblanc
75015 PARIS
tél : 01 64 50 20 60
www.cea.fr

Les centres de recherche du CEA

- **CEA - Centre de Cadarache**
13108 Saint-Paul-lez-Durance cedex
tél : 04 42 25 70 00
- **CEA - Centre du Cesta**
BP 2
33114 Le Barp
tél : 05 57 04 40 00
- **CEA - Centre DAM-Ile-de-France**
BP 12 - Bruyères-le-Châtel
91297 Arpajon cedex
tél : 01 69 26 40 00
- **CEA Paris-Saclay**
Etablissements de Fontenay-aux-Roses
BP 6 - 92265 Fontenay-aux-Roses cedex
tél : 01 46 54 70 80
- **CEA - Centre de Gramat**
BP 80200
46500 Gramat
tél : 05 65 10 54 32
- **CEA - Centre de Grenoble**
17, rue des Martyrs
38054 Grenoble cedex 9
tél : 04 38 78 44 00
- **CEA - Centre du Ripault**
BP 16
37260 Monts
tél : 02 47 34 40 00
- **CEA Paris-Saclay**
Etablissements de Saclay
91191 Gif-sur-Yvette cedex
tél : 01 69 08 60 00
- **CEA - Centre de Valduc**
BP 14
21120 Is-sur-Tille
tél : 03 80 23 40 00
- **CEA - Centre de Marcoule**
BP 171
30207 Bagnols-sur-Cèze cedex
tél : 04 66 79 60 00
- **INES** (Institut national de l'énergie solaire)
50 Avenue du Lac Léman
73375 Le Bourget-du-Lac
04 79 79 20 00
www.ines-solaire.org
- **INSTN** (Institut national des sciences et techniques nucléaires)
91191 Gif-sur-Yvette cedex
www-instn.cea.fr
- **IE2N** (Institut international de l'énergie nucléaire)
91191 Gif-sur-Yvette cedex

Les institutionnels

- **AEN** (Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire)
2, rue André Pascal
75775 Paris cedex 16
tél : 01 45 24 82 00
www.nea.fr
- **AIEA** (Agence internationale de l'énergie atomique)
WAGRAMERSTRASSE 5
BP 100
A - 1400 Vienne
AUTRICHE [43] (1) 2060
www.iaea.org
- **Andra** (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs)
Parc de la Croix Blanche - 1-7, rue Jean Monet
92298 Chatenay-Malabry cedex
tél : 01 46 11 80 00
www.andra.fr
- **ASN** (Autorité de sûreté nucléaire)
6, place du Colonel Bourgoïn
75572 Paris Cedex 12
www.asn.gouv.fr
- **DGEC** (Direction générale de l'énergie et du climat)
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable, et de la Mer
Grande Arche de la Défense - Paroi Nord
92055 La Défense Cedex
tél : 01 40 90 20 00
www.industrie.gouv.fr (rubrique "énergie et matières premières")
- **IRSN** (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire)
Centre de Fontenay-aux-Roses - BP 6
92265 Fontenay-aux-Roses cedex
tél : 01 46 54 80 07
www.irsn.org
- **Euratom**
200, rue de la Loi
B 1049 Bruxelles
BELGIQUE [32] (2) 299 11 11
europa.eu.int (thème "énergie")

Les industriels

- **ORANO** (anciennement New AREVA)
1 place Jean Millier
92400 Courbevoie
tél.: 33 (0)1 34 96 00 00
www.new.areva.com
- **Framatome** (anciennement AREVA NP)
Tour AREVA
1 Place de la Coupole
92084 Paris La Défense cedex
tél : 01 47 96 12 12
www.areva-np.com
- **EDF**
22, avenue Wagram
75008 Paris
tél : 01 40 42 22 22
www.edf.fr

Les associations

- **SFP** (Société française de physique)
33, rue Croulebarde
75013 Paris
tél : 01 44 08 67 10
www.sfpnet.fr
- **SFEN** (Société française de l'énergie nucléaire)
5 rue des Morillons
75015 Paris
tél : 01 53 58 32 10
www.sfen.org

Pour plus d'informations sur l'énergie

Les institutionnels

- **Ademe** (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)
27, rue Louis Vicat
75737 Paris cedex 15
tél : 01 47 65 20 00
www.ademe.fr
- **BRGM** (Bureau de recherches géologiques et minières)
Avenue Claude Guillemin
La Source - BP 6009
45060 Orléans cedex 2
tél : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr

- **Direm** (Direction des ressources énergétiques et minérales)
61, boulevard Vincent Auriol
75703 Paris cedex 13
tél : 01 44 87 17 17
- **IFPEN** (Institut français du pétrole - Energies nouvelles)
232, avenue Napoléon Bonaparte
92852 Rueil-Malmaison Cedex - France
www.ifpenergiesnouvelles.fr
- **OPECST** (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques)
Sénat
15, rue Vaugirard
75291 Paris cedex 06
tél : 01 42 34 20 43
www.senat.fr (rubrique "travaux parlementaires")
- **ANCRE** (Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie)
1-4, avenue du Bois Préau
92852 Rueil-Malmaison
www.allianceenergie.fr

Les industriels

- **Charbonnage de France**
100, avenue Albert 1^{er}
92503 Rueil Malmaison
tél : 01 47 52 35 00
www.groupecharbonnages.fr
- **Engie**
23 rue Philibert Delorme
75840 Paris cedex 13
www.engie.com

Tableaux AIE Energy Balances and Statistics - pages 16 à 18 - 20 - 23 - 24 - 34 - 35 - 74 à 76

OCDE Americas: Canada; Chile; Mexico and the United States.

Non-OCDE Americas: Includes Argentina; Plurinational State of Bolivia (Bolivia); Brazil; Colombia; Costa Rica; Cuba; Curaçao; Dominican Republic; Ecuador; El Salvador; Guatemala; Haiti; Honduras; Jamaica; Nicaragua; Panama; Paraguay; Peru; Suriname (from 2000); Trinidad and Tobago; Uruguay; Bolivarian Republic of Venezuela (Venezuela) and Other non-OECD Americas.

OCDE Europe: Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Estonia, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Slovenia, Sweden, Switzerland, Turkey.

Non-OECD Europe and Eurasia: Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tadjikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan.

Africa: Includes Algeria; Angola; Benin; Botswana (from 1981); Cameroon; Republic of Congo (Congo); Côte d'Ivoire; Democratic Republic of Congo; Egypt; Eritrea; Ethiopia; Gabon; Ghana; Kenya; Libya; Mauritius; Morocco; Mozambique; Namibia (from 1991); Nigeria; Senegal; South Africa; South Sudan; Sudan, United Republic of Tanzania (Tanzania); Togo; Tunisia; Zambia; Zimbabwe and Other Africa.

Asia: Includes Afghanistan; Armenia; Azerbaïjan; Bahrain; Bangladesh; Bhutan; Brunei Darussalam; Cambodia; the People's Republic of China; Cyprus; Georgia; Hong Kong, China; India; Indonesia; the Islamic Republic of Iran; Iraq; Israel; Japan; Jordan; the Democratic People's Republic of Korea; Korea; Kazakhstan; Kuwait; Kirgizstan; Lao People's Democratic Republic; Lebanon; Macau, China; Malaysia; the Maldives; Mongolia; Myanmar; Nepal; Oman; Pakistan; the Philippines; Qatar; Saudi Arabia; Singapore; Sri Lanka; the Syrian Arab Republic; Tadjikistan; Chinese Taipei; Thailand; Timor-Leste; Turkey; Turkmenistan; the United Arab Emirates; Uzbekistan; Viet Nam; and Yemen.

Middle East: Includes Bahrain; Islamic Republic of Iran; Iraq; Jordan; Kuwait; Lebanon; Oman; Qatar; Saudi Arabia; Syrian Arab Republic; United Arab Emirates and Yemen.

OCDE Asia Oceania: Australia, Israel, Japan, Korea & New Zealand.

Note: Asia includes China, India and Middle East.

Tableaux AIE WEO 2017 - pages 19 - 21 - 22 - 32 - 36

North America: Canada, Mexico and United States.

Central and South America: Argentina, Bolivia, Bolivarian Republic of Venezuela, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Curaçao, Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Suriname, Trinidad and Tobago, Uruguay, and other countries and territories.

Europe: European Union regional grouping and Albania, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Gibraltar, Iceland, Israel, Kosovo, Montenegro, Norway, Serbia, Switzerland, the Former Yugoslav Republic of Macedonia, the Republic of Moldova, Turkey and Ukraine.

Eurasia: Caspian regional grouping and the Russian Federation.

Middle East: Bahrain, the Islamic Republic of Iran, Iraq, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, the Syrian Arab Republic, the United Arab Emirates and Yemen.

Asia Pacific: Southeast Asia regional grouping and Australia, Bangladesh, China, Chinese Taipei, India, Japan, Korea, Democratic People's Republic of Korea, Mongolia, Nepal, New Zealand, Pakistan, Sri Lanka and other countries and territories.

Bunkers: Includes both international marine bunkers and international aviation bunkers.

Publications périodiques du CEA

- Clefs CEA (semestriel)
- Les Défis du CEA (mensuel)
- Rapport d'activités (annuel)
- Mémento sur l'énergie (annuel)
- Elecnuc - Les centrales nucléaires dans le monde (annuel)
- Collection de livrets thématiques du CEA traitant de :
 - 1 - l'atome,
 - 2 - la radioactivité,
 - 3 - l'homme et les rayonnements,
 - 4 - l'énergie,
 - 5 - l'ADN,
 - 6 - les réacteurs nucléaires,
 - 7 - le cycle du combustible,
 - 8 - la microélectronique,
 - 9 - le laser,
 - 10 - l'imagerie médicale,
 - 11 - l'astrophysique nucléaire,
 - 12 - l'hydrogène,
 - 13 - le soleil,
 - 14 - les déchets radioactifs,
 - 15 - le climat,
 - 16 - la simulation numérique,
 - 17 - les séismes,
 - 18 - le nanomonde,
 - 19 - énergies du XXI^e siècle,
 - 20 - la chimie pour l'énergie.

Des exemplaires de ces documents peuvent être obtenus gratuitement sur simple demande à la Direction de la communication du CEA.

Retrouvez toutes l'actualité du CEA, des dossiers, des animations... sur le site www.cea.fr.



Centre de culture scientifique, le Visiatome propose, à Marcoule, une exposition permanente, ludique et interactive ainsi que des activités pédagogiques sur la radioactivité, les énergies, les modes de traitement des déchets radioactifs et des déchets en général.

Une visite à faire en famille ou dans le cadre scolaire.

Renseignements : 04 66 39 78 78 et www.visiatome.fr

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Direction de la communication
Bâtiment Siège - 91191 Gif-sur-Yvette cedex

Institut de technico-économie des systèmes énergétiques
Direction des analyses stratégiques
Bâtiment 524 - 91191 Gif sur Yvette

www.cea.fr

ISSN - 1954-992X

Imprimé sur papier ECF