

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE

Energy handbook

édition
2013

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE 2013

La version 2013 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 Publications

*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 de l'énergie nucléaire
Bâtiment 125
91191 Gif-sur-Yvette cedex
E-mail : francoise.thais@cea.fr

Principaux messages issus de ce panorama énergétique mondial

1 - Ressources : les réserves prouvées mondiales en pétrole et en gaz se situent à hauteur respectivement de 53 et presque 56 fois la production mondiale de 2011, comparativement à 109 fois pour le charbon (page 11).

2 - Evolution des besoins en énergie primaire : croissance de 1,9 %/an en moyenne dans le monde ces dernières années (1990-2011) dont forte croissance au Moyen-Orient (5,5 %) et dans les pays en développement (ex : 4,2 % par an en Inde et 5,6 % en Chine) mais seulement 0,1 % dans l'Union européenne sur la période (page 20). Selon le scénario développé par l'AIE (page 21), la croissance se prolongerait, mais à un rythme un peu moindre d'ici 2030.

3 - Part des énergies dans les besoins finaux en 2010 : domination très forte des combustibles fossiles dans la consommation finale d'énergie (66 % dont 41 % pour le seul pétrole). Le gaz naturel et l'électricité à hauteur respectivement de 15 et 18 % devançant la biomasse (13 %) et le charbon (10 %) (page 23). D'ici 2030, l'AIE retient dans son scénario 2012 une situation semblable hormis pour l'électricité qui passerait à 22 % au détriment du pétrole, du gaz et de la biomasse (page 23). Cette hausse de la part de l'électricité qui est déjà visible dans les pays industrialisés (ex : France, où elle est passée de 9,7 à 24,7 % entre 1973 et 2012, page 28) est attendue dans de nombreux pays en développement.

4 - Consommation d'électricité : la consommation par habitant montre de fortes disparités dans le monde, entre 592 kWh/an en Afrique, 3 312 kWh/an en Chine et 13 227 kWh/an aux Etats Unis (page 19). Cette situation montre l'ampleur des besoins en nouvelles capacités de production d'électricité. D'ici 2030, la production d'électricité pourrait progresser de 2,3 % par an dans le monde (page 37) à comparer avec 1,6 % pour la demande finale totale d'énergie d'après l'AIE (scénario de 2012).

5 - Part des énergies dans la production mondiale d'électricité (page 35) : le charbon domine avec 41 % de la production ; il est suivi par le gaz naturel, l'hydraulique et le nucléaire avec respectivement 21,9 %, 15,8 % et 11,7 %. Cependant, le nucléaire devance désormais le charbon dans l'Union européenne (respectivement 27,9 % et 27,1 %), comme dans certains pays (ex : France 79,4 % pour le nucléaire). Le scénario 2012 de l'AIE retient d'ici 2030 (page 37) un maintien de la part du nucléaire dans la production mondiale d'ici 2030 à 13 % malgré une croissance en valeur absolue.

6 - Energies renouvelables dans la production électrique : hors hydraulique, faible part dans le total des capacités installées mais croissance rapide et désormais position notable en valeurs absolues (pages 14-15-16 et 33). Ainsi, les capacités PV qui augmentent rapidement excèdent 102 GW_{crête} en 2012, il en est de même pour les capacités éoliennes qui atteignent 282 GWe. L'hydraulique a produit 16,0 % de l'électricité mondiale en 2010, les autres énergies renouvelables 3,7 % (page 35).

7 - Gaz à effet de serre : Le CO₂ issu de la combustion des énergies fossiles est le premier contributeur des émissions (57,4 % voir page 74) suivi de loin par le CO₂ issu de la déforestation (19,4 %) et par le méthane (14,3 %). C'est du secteur de l'énergie qu'il est principalement issu (page 72). La Chine est le premier pays émetteur de GES (7,7 Gt CO₂), suivi par les Etats Unis (5,4 Gt CO₂, voir page 75). Depuis 1990, les émissions mondiales ont augmenté de plus de 44 % (page 80).

8 - Prix des énergies : le prix de l'uranium en contrat à long terme (qui représente 98 % des contrats de l'UE) s'est stabilisé entre 2011 à 2012, et a même diminué sur le marché spot (page 92). Au deuxième semestre 2012, le prix moyen de l'électricité industrielle HT dans l'Union européenne était de 96,7 €/ MWh, allant de 63,2 € pour la France à 226,2 € pour Chypre (page 88).

SOMMAIRE

pages

ÉNERGIE - UNITÉS ET FACTEURS DE CONVERSION	
RESSOURCES, CONSOMMATION ET PRODUCTION	5
RESOURCES, CONSUMPTION AND PRODUCTION	
TABLEAUX DE CONVERSION	
Principales unités d'énergie Main energy units	6
Principales unités de puissance Main power units	6
Unités de volume métriques et anglo-saxonnes Anglo-saxon and metric units conversion	6
Unités usuelles pour l'uranium Common units for uranium	7
Table de conversion pour les composés de l'uranium	7
Conversion table for uranium compounds	
Pouvoir calorifique inférieur des charbons Lower calorific value for coals	8
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 France: primary energy accountancy	9
Équivalence énergétique de l'uranium naturel Energy equivalence for natural Uranium	10
Équivalence énergétique des combustibles fossiles Energy equivalence for fossil fuels	10
RESSOURCES	
Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2012	11
World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2012	
Monde : réserves d'uranium les plus importantes	12
World: most important uranium reserves	
Evolution de la capacité installée mondiale d'origine renouvelable	13
Renewable installed world capacity evolution	
Europe : puissance éolienne offshore installée dans les pays de l'UE	14
Europe: installed capacity for offshore wind power in the EU countries	
Europe UE25 cumulative solar thermal capacity	
Europe : capacité installée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE	15
Europe: electricity production and installed capacity from wind and photovoltaic in the EU	
Potentiel de biomasse en France	16
Description de la forêt en France	16
Usage du bois	16
Production mondiale de biocarburants	16
CONSOMMATION	
Scénario d'évolution de la population mondiale	17
Scenario of evolution of world population	
Monde : données générales pour 2011	18
World: general data for 2011	
Monde : approvisionnement total en énergie primaire	20
World: total primary energy supply	
Monde : scénario de référence pour l'approvisionnement total en énergie primaire	21
World: reference scenario for primary energy supply	
Monde : consommation finale d'énergie en 2011	22
World: final consumption of energy for 2011	
Monde : scénario de référence pour la consommation finale d'énergie	23
World: reference scenario for final consumption of energy	
Europe : données générales pour 2011	24
Europe: general data for 2011	
Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2012	26
Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2012	
Consommation d'électricité par habitant	27
Electricity consumption per head	
Consommation finale d'énergie par unité de PIB	27
Final energy consumption per GDP unit	
France : consommation d'énergie primaire (corrigée du climat) par énergie	28
France: primary energy consumption (corrected for climate) by energy	
France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie	28
France: final energy consumption (corrected for climate) by energy	
France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par secteur	29
France: final energy consumption (corrected for climate) by sector	

France : deux scénarios retenus dans le cadre du DNTE (Débat national sur la transition énergétique)	29
France: two retained scenarios in the DNTE context (National debate on energetic transition)	
France : bilans électriques	30
France: electricity balances	
France : bilan de l'énergie en 2012	31
France: energy balance for 2012	
PRODUCTION	
Monde : capacités électriques installées en 2010	33
World: 2010 electricity installed capacities	
Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2012	34
Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2012	
Monde : production d'électricité par source en 2011	35
World: electricity generation by fuel for 2011	
Monde : production d'électricité	36
World: electricity generation	
Monde : scénario de référence pour la production d'électricité	37
World: reference scenario for electricity generation	
Europe : évolution de la production électrique	38
Europe: evolution of electricity generation	
Europe : part de l'énergie produite à partir des sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2011 et objectifs 2020	39
Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2011 and national overall targets in 2020	
France : production d'énergie primaire renouvelable	40
France: renewable energy production	
France : bilan électrique	40
France: electricity balance	
France : échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2012	41
France: cross-border contractual electricity exchanges in 2012	
Puissances maximales appelées par le réseau en France	41
Peak load demand of the French network	
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONUCLÉAIRE	43
ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER	
Principales caractéristiques des filières électronucléaires	44
Main characteristics of nuclear reactor types	
GESTION DU COMBUSTIBLE	
France : caractéristiques des REP 900, 1300, 1450 MWe	45
France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's	
Parc électronucléaire français au 01/01/2013	46
Nuclear power plants in France - Status as of 2013/01/01	
France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP	48
France: Uranium and fuel cycle services requirements	
Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides	49
Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides	49
The fast neutron reactor as an actinide incinerator	
CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE	
Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF	50
Cycle simplifié du combustible nucléaire en France	51
Monde : besoins en uranium	52
World: Uranium requirements	
Définition de l'UTS	52
Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium	52
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	52
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	53
Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE	53
Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries	

Usines de traitement des combustibles usés	
Used fuel reprocessing units	53
Les déchets produits en France	54
Classification des déchets	54
Waste classification	
La gestion des déchets radioactifs	56
Principaux éléments contenus dans les combustibles usés	57
Main elements comprised in used fuel	
Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1000 MWe	58
Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit	
Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1 000 MWe	58
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	58
Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996	
Volumes de résidus générés dans UP3	59
Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant	
INFORMATIONS GÉNÉRALES GENERALITIES	61
L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS	
Quelques définitions	62
Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants	Physical units for ionizing radiation 63
Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période	64
Radioactive decay, mean life, half life	
Périodes effectives de quelques corps radioactifs	Effective half life for some radioelements 64
Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants	Radiation ionizing stopping power 65
Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles)	66
Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)	
Expositions aux rayonnements ionisants de la population en France	66
Le radon	67
Carte des activités volumiques du radon dans les habitations en France	67
Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation	68
World average exposure from natural sources	
L'activité radioactive, exemples	Examples of natural or human generated activity 69
RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE	
Institutions internationales	70
Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire	70
L'Autorité de sûreté	70
Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France	70
Classement des incidents : échelle INES	71
Structure fondamentale de l'échelle INES	71
ENVIRONNEMENT	
Qu'est-ce que l'effet de serre ?	72
Evolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps	72
History of Greenhouse gas atmospheric rate	
Variation de la température moyenne de la surface terrestre par rapport à 1861	73
Change in average surface temperature compared to 1861	
Prévisions en fonction des scénarios RCP du GIEC des augmentations de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre et du niveau de la mer par rapport au niveau pré-industriel	73
Estimations according to IPCC RCP scenarios of the global average Earth's surface temperature and sea level increasing compared to pre-industrial level	
Caractéristiques principales des RCP	73
Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique en 2004	74
World anthropogenic greenhouse gases emission in 2004	
Emissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2004	74
Green House Gases emission by sector in 1990 and 2004	
Les plus gros émetteurs de CO ₂ en 2010	75
The biggest CO ₂ emitters in 2010	
Emissions types de la production électrique	75
Principaux événements sur les changements climatiques	76
La Conférence de Kyoto	76

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE27 vis-à-vis de l'engagement de Kyoto	77
<i>Situation of Greenhouse gas emissions for European Union (27) countries towards Kyoto Protocol</i>	
Situation de émissions de gaz à effet de serre des pays d'Europe vis-à-vis du protocole de Kyoto	78
<i>Situation of greenhouse gas emissions for Europe countries towards Kyoto Protocol</i>	
Monde : évolution des émissions de CO ₂	80
<i>World: evolution of CO₂ emissions</i>	
Monde : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles	81
<i>World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	
Monde : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles	82
<i>World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	
Principaux gaz à effet de serre <i>Main Greenhouse gases</i>	82
Europe : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles	83
<i>Europe: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	
Europe : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles	84
<i>Europe: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	
Europe : émissions de CO ₂ par kWh dans le secteur de l'électricité et de la chaleur	85
<i>Europe: CO₂ emissions per kWh from electricity and heat generation</i>	
DONNÉES ÉCONOMIQUES	
Prix HT de l'électricité à usage domestique au 2 ^e semestre 2012	86
Prix TTC de l'électricité à usage domestique au 2 ^e semestre 2012	87
Prix HT de l'électricité à usage industriel au 2 ^e semestre 2012	88
Prix TTC de l'électricité à usage industriel au 2 ^e semestre 2012	89
Exemples de prix moyens des énergies en France	90
<i>Examples of average prices of energy in France</i>	
Tarifs d'achat français de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération	
France : prix de l'uranium (moyenne zone Euratom)	91
<i>France: Uranium prices (Euratom average)</i>	
France : prix CAF des énergies importées <i>France: CIF prices of imported energies</i>	92
GÉNÉRALITÉS	
Tableau de Mendeleïev	93
Symboles, éléments et isotopes	94
Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes	95
Caractéristiques des particules élémentaires	96
Unités de mesure	97
Préfixes des multiples et sous-multiples décimaux des unités du Système international	100
Unités de mesure anglosaxonnes	100
Constantes physiques fondamentales	101
LE CEA - PRÉSENTATION	102
Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	103
Organigramme du CEA	105
Pour plus d'informations sur le CEA	106
Pour plus d'informations sur le nucléaire	107
Pour plus d'informations sur l'énergie	108
Publications périodiques du CEA	110

ENERGIE

**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	$2,389 \cdot 10^{-7}$	$9,479 \cdot 10^{-4}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$
1 thermie	th	$4,186 \cdot 10^6$	1	$3,968 \cdot 10^{+3}$	1,163
1 British Thermal Unit	Btu	$1,055 \cdot 10^3$	$2,520 \cdot 10^{-4}$	1	$2,930 \cdot 10^{-4}$
1 kilowatt-heure	kWh	$3,600 \cdot 10^6$	$8,600 \cdot 10^{-1}$	$3,413 \cdot 10^3$	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}	$3,414 \cdot 10^{-7}$	$1,3595 \cdot 10^{-10}$
Watt	10^7	1	10^{-6}	3,414	$1,3595 \cdot 10^{-3}$
MW	10^{13}	10^6	1	$3,414 \cdot 10^6$	$1,3595 \cdot 10^{+3}$
Btu/heure	$2,929 \cdot 10^6$	0,2929	$292,9 \cdot 10^{-9}$	1	$0,3982 \cdot 10^{-3}$
Cheval vapeur	$7,355 \cdot 10^9$	735,5	$735,5 \cdot 10^{-6}$	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}	$6,290 \cdot 10^{-3}$	$2,642 \cdot 10^{-1}$	$2,200 \cdot 10^{-1}$	1,057
1 mètre cube	$1,000 \cdot 10^3$	1	6,290	$2,642 \cdot 10^2$	$2,200 \cdot 10^2$	$1,057 \cdot 10^3$
1 Petroleum barrel	$1,590 \cdot 10^2$	$1,590 \cdot 10^{-1}$	1	$4,200 \cdot 10^1$	$3,497 \cdot 10^1$	$1,680 \cdot 10^2$
1 U.S. gallon	3,785	$3,785 \cdot 10^{-3}$	$2,381 \cdot 10^{-3}$	1	$8,327 \cdot 10^{-1}$	4,000
1 U.K. imperial gallon	4,546	$4,546 \cdot 10^{-3}$	$2,860 \cdot 10^{-2}$	1,201	1	4,804
1 U.S. quart	$9,463 \cdot 10^{-1}$	$9,463 \cdot 10^{-4}$	$5,942 \cdot 10^{-3}$	$2,500 \cdot 10^{-1}$	$2,082 \cdot 10^{-1}$	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 moyen du bois (PCI)

	GJ	MWh	Tep
1 tonne de bois (anhydre)	18,2	5,06	0,43
1 tonne de bois (humidité 50 %)	7,92	2,20	0,19

Source : AFOCEL

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 physique 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 energy 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 Electricité 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)	4,186 J		
1 tonne d'équivalent pétrole (tep) PCI *	42 gigajoules (GJ) ⁽²⁾	1,433 tec	
1 tonne d'équivalent charbon (tec) PCI	29,3 GJ	0,697 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⁾	0,26 tep ⁽⁴⁾ (hydraulique) (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 2012

World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2012

2012	Anthracite et bitumineux	Sous-bitumineux et lignite	Total Minéraux solides	Ratio R/P * Minéraux solides
	Anthracite & bituminous	Sub-bituminous & lignite	Coal total	Coal R/P ratio
	Millions tonnes Million tons	Millions tonnes Million tons	Millions tonnes Million tons	Années Years
Amérique du Nord North America	112 835	132 253	245 088	244
Amérique latine Latin America	6 890	5 618	12 508	129
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	92 990	211 614	304 604	238
Afrique Africa Moyen-Orient Middle East	32 721	174	32 895	124
Asie / Pacifique Asia / Pacific	159 326	106 517	265 843	51
Total Monde World total	404 762	456 176	860 938	109
dont OCDE of which OECD	155 926	222 603	378 529	186

* Reserves / production 2012

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2013

2012	Pétrole	Ratio R/P* Pétrole	Gaz naturel	Ratio R/P * Gaz naturel
	Oil	Oil R/P ratio	Natural gas	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	33,8	38,7	10,8	12,1
Amérique latine Latin America	50,9	>100	7,6	42,8
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	19,0	22,4	58,4	56,4
Afrique Africa	17,3	37,7	14,5	67,1
Moyen-Orient Middle East	109,3	78,1	80,5	>100
Asie / Pacifique Asia / Pacific	5,5	13,6	15,5	31,5
Total Monde World total	235,8	52,9	187,3	55,7
dont OCDE of which OECD	36,0	33,4	18,6	15,4

* Reserves / production 2012

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2013

Monde : réserves d'uranium les plus importantes

World: most important uranium reserves

01/01/2011	Réserves raisonnablement assurées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Réserves supplémentaires présümées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Production 2010 milliers tonnes U Thousand tons U
Australie <i>Australia</i>	1 180	559	6
Etats-Unis <i>United states</i>	472	0	2
Canada	422	193	10
Kazakhstan	402	417	18
Namibie <i>Namibia</i>	363	156	5
Niger	341	105	4
Fédération de Russie <i>Russian Federation</i>	218	432	4
Afrique du Sud <i>South Africa</i>	193	179	1
Brésil <i>Brazil</i>	156	121	0
Ukraine	143	81	1
Chine <i>China</i>	110	57	1
Total Monde World total	7 089	4 402	98
dont OCDE <i>of which OECD</i>	2 140	799	18

Source : Uranium 2011, Resources, Production and Demand, AEN, éd 2012

Evolution de la capacité installée mondiale d'origine renouvelable Renewable installed world capacity evolution

Monde World	Source	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Puissance éolienne installée cumulée (GW)* Cumulative wind installed capacity (GW)*	GWEC**	5	17	59	194	238	282 (dont 5,4 offshore)
Puissance PV installée cumulée (GWc) Cumulative PV installed capacity (GWc)	EPIA	0,58	1,4	5,36	40,67	71,06	102,16
Puissance solaire thermique installée cumulée (GWth) Cumulative solar thermal installed capacity (GWth)	IEA	ND	ND	ND	196	238,8	274,5
Puissance géothermie installée (GW) Cumulative geothermal installed capacity (GW)	IEA Geothermal	6,8*	8,0*	8,9*	10,7	11,1	11,2

* Capacité installée pour 15 pays avec actualisation pour les pays du GIA sur la période 2007-2011 - Installed capacity for 15 countries with updates for GIA countries for 2007-2011

GIA: Geothermal Implementing Agreement

** GWEC - Global World Energy Council

Source : GWEC (Global World Energy Council)

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

	2011	2012*
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	1 838	2 679
Danemark <i>Denmark</i>	871,5	922
Belgique <i>Belgium</i>	195	380
Allemagne <i>Germany</i>	200	280
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	228	228
Suède <i>Sweden</i>	163	163
Finlande <i>Finland</i>	26	26
Irlande <i>Ireland</i>	25	25
Portugal <i>Portugal</i>	2	2
Total EU 27	3 549	4 706

* Estimation

Source: *EurObserver 2013*

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

	Eolien (TWh) Wind	Eolien (TWh) Wind	Puissance éolienne installée dans l'UE (MWc) Cumulated installed wind power in the EU fin 2011 end of 2011	Puissance éolienne installée dans l'UE (MWc) Installed wind power in the EU fin 2012* end of 2012*	Solaire (GWh) Solar	Solaire (GWh) Solar	Puissance photovolt. cumulée dans l'UE (MWc) Cumulated photovoltaic capacity in the EU fin 2012* end of 2012*	Puissance photovolt. cumulée dans l'UE (MW) Cumulated photovoltaic capacity in the EU fin 2012* end of 2012*
	2011	2012**			2011	2012**		
							Réseau On grid	Hors réseau Off grid
Allemagne Germany	48,9	46,0	29 071,0	31 331,9	19 340,0	28 000,0	32 643,0	55,0
Autriche Austria	1,9	2,4	1 083,6	1 378,1	174,1	300,0	417,2	4,5
Belgique Belgium	2,3	2,7	1 069,0	1 375,0	1 169,6	2 115,0	2 649,9	0,1
Bulgarie Bulgaria	0,8	1,1	526,0	657,0	120,0	534,0	932,5	0,7
Chypre Cyprus	0,1	0,2	134,0	147,0	10,2	19,8	16,4	0,8
Danemark Denmark	9,8	10,2	3 952,1	4 162,0	15,0	114,0	390,0	1,7
Espagne Spain	42,4	48,5	21 547,0	22 579,0	7 360,0	8 169,0	4 492,0	24,6
Estonie Estonia	0,4	0,5	180,0	269,0	0,1	0,1	0,0	0,1
Finlande Finland	0,5	0,5	199,0	288,7	8,0	8,0	0,2	11,0
France*	12,3	14,9	6 792,0	7 493,0	2 400,0	4 000,0	4 003,0	24,6
Grèce Greece	3,3	3,7	1 634,0	1 749,0	610,0	1 239,4	1 536,3	7,0
Hongrie Hungary	0,6	0,7	329,0	329,0	3,3	4,7	3,2	0,5
Irlande Ireland	4,4	4,1	1 557,0	1 637,0	0,5	0,5	0,1	0,6
Italie Italy	9,9	13,2	6 878,0	8 144,0	10 795,7	18 800,0	16 350,0	11,0
Lettonie Latvia	0,1	0,1	48,0	68,0	0,0	0,0	1,5	0,0
Lituanie Lithuania	0,3	0,5	179,0	225,0	0,1	2,0	6,0	0,1
Luxembourg	0,1	0,1	45,0	56,0	26,0	30,0	47,2	0,0
Malte Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	13,6	18,7	0,0
Pays-Bas Netherlands	5,1	5,0	2 316,0	2 431,0	100,0	200,0	316,0	5,0
Pologne Poland	3,2	4,2	1 616,0	2 500,0	2,6	4,1	1,4	2,0
Portugal	9,2	10,0	4 301,0	4 525,0	277,0	360,0	225,5	3,3
Rep. Tchèque Czech Republic	0,4	0,4	213,0	258,0	2 182,0	2 173,0	2 022,0	0,4
Rep. Slovaque Slovak Republic	0,0	0,0	3,1	3,1	397,0	500,0	517,2	0,1
Roumanie Romania	1,4	2,9	982,0	1 941,0	2,0	2,0	5,8	0,6
Royaume-Uni United Kingdom	15,5	21,0	6 488,0	8 341,9	252,0	1 327,0	1 655,0	2,3
Slovénie Slovenia	0,0	0,0	0,0	2,3	65,7	121,4	217,3	0,11
Suède Sweden	6,1	7,2	2 899,0	3 744,3	14,2	21,4	16,5	7,3
UE 27	178,9	200,2	94 041,8	105 635,3	45 333,5	68 059,0	68 483,9	163,4
EU 27								

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

Source : EurObserver 2013

Potentiels de biomasses en France

Origine	Biomasses	Total produit (kTep équivalent)	Supplémentaire disponible (kTep équivalent)
Agriculture	cultures dédiées	14,0	0,0
Agriculture	résidus cultures annuelles	29 687,0	4 438,0
Agriculture	déchets cultures pérennes	942,0	nd
Agriculture	issues de silo	169,0	nd
Agriculture	effluents d'élevage	7 467,0	3 320,0
Forêt	forêts (hors peupleraies)	17 930,0	8 008,0
Forêt	peupleraies	172,0	64,0
IAA	coproduits	2 206,5	29,2
IAA	boues et effluents	3 942,0	nd
	Total	62 529,5	15 859,2

Notes : IAA ; industries agro-alimentaires

Source : L'Observatoire National des Ressources en Biomasse - Evaluation des ressources disponibles en France - Edition 2012 – Les études de FranceAgriMer

Description de la forêt en France (FCBA 2013)

Surface totale (M ha) : 55,0

Forêt (M ha) : 15,3

Usage du bois (millions m³/an)

Production biologique forestière : 80,7 dont 48,1 de feuillus et 32,6 de résineux.
59,8 Mm³ proviennent de forêts privées.

Récolte de bois commercialisée en 2011 : 39,6 Mm³ (sur écorce)

Dont 21,0 : bois d'œuvre

Dont 12,6 : bois d'industrie

Dont 6,0 bois énergie dont 2,3 certifiée (plaquettes forestières : 1,2)

La consommation domestique de bois de feu en forêt est estimée à 21 Mm³ (hors vergers, haies et alignements).

Source : Mémento FCBA 2013

Production mondiale de biocarburants (2011) :

Biodiesel : 23,6 milliards de litres dont 13,7 en Europe, (2,7 en Allemagne et 2,3 en France), et 3,3 aux Etats-Unis

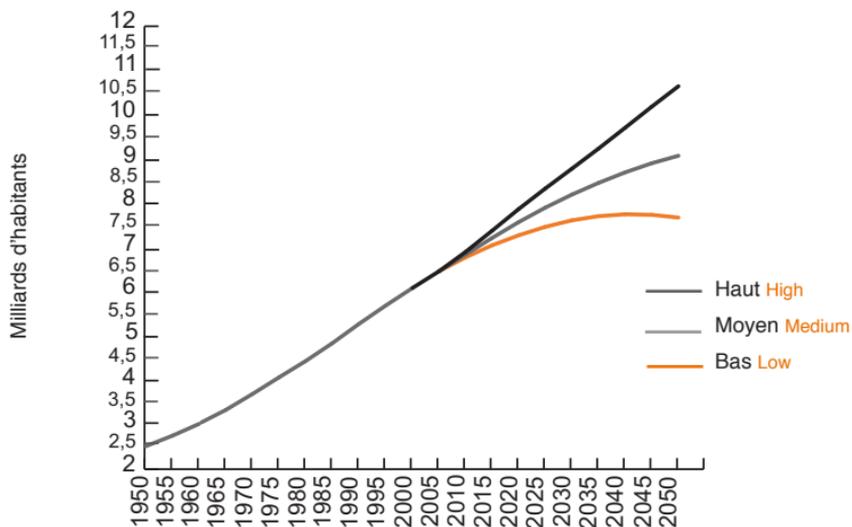
Bioéthanol : 85,1 milliards de litres dont 51,8 et 22,3 Mds de litres pour, respectivement, les Etats-Unis et le Brésil, 4,1 milliards de litres en Europe dont 1 en France

Source : U.S. Energy information Administration (EIA)

CONSOMMATION

Scénario d'évolution de la population mondiale

Scenario of evolution of world population



Source: United Nations Secretariat, World Population Prospects database: The 2012 revision (<http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm>)

Monde : données générales pour 2011

World: General data for 2011

Année 2011 Year 2011	Population (millions hab) (Million inhab)	PIB (PPA milliards US\$2005) GDP (PPP billion US\$2005)	Consommation finale d'énergie ⁽¹⁾ (millions tep) Final consumption of energy ⁽¹⁾ (million toe)	Consommation d'électricité (TWh) Consumption of electricity (TWh)
Amérique OCDE ⁽²⁾ OECD America ⁽²⁾	473	16 186	1 849	5 004
dont Etats-Unis of which USA	312	13 518	1 504	4 127
Amérique non OCDE Non OECD America	460	4 403	451	942
dont Brésil of which Brazil	197	2 021	218	480
Europe OCDE ⁽³⁾ OECD Europe ⁽³⁾	555	15 249	1 222	3 357
Union européenne 27 European Union 27	503	14 138	1 144	3 357
dont France of which France	65	2 249	152	477
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽⁴⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽⁴⁾	340	3 666	742	1 525
Moyen-Orient Middle East	209	2 489	431	737
Afrique Africa	1 045	2 814	525	619
Asie Asia	3 664	19 035	2 756	6 379
dont : of which:				
Chine China	1 351	10 286	1 643	4 475
Inde India	1 242	3 977	493	835
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	213	6 471	580	1 843
Total Monde World Total	6 958	70 373	8 918	20 407
dont OCDE of which OECD	1 241	37 906	3 651	10 205

(1) 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

(2) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(3) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(4) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed.

Monde : données générales pour 2011 (suite)

World: General data for 2011

Année 2011 Year 2011	Consommation finale d'énergie par habitant (kep/hab) Final consumption of energy per capita (koe/capita)	Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kep/millier US\$2005) Final consumption of energy per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2005)	Consommation finale d'électricité par habitant (kWh/hab) Final consumption of electricity per capita (kWh/capita)	Consommation finale d'électricité par unité de PIB ⁽²⁾ (kWh/millier1 US\$2005) Final consumption of electricity per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2005)
Amérique OCDE ⁽³⁾ OECD America ⁽³⁾	3 909	114	10 580	309
dont Etats-Unis of which USA	4 819	111	13 227	305
Amérique latine Latin America	979	102	2 046	214
dont Brésil of which Brazil	1 108	108	2 441	238
Europe OCDE OECD Europe	2 203	80	6 049	220
Union européenne 27 European Union 27	2 272	81	6 668	237
dont France of which France	2 332	68	7 302	212
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽⁴⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽⁴⁾	2 185	202	4 491	416
Moyen-Orient Middle East	2 067	173	3 531	296
Afrique Africa	503	187	592	220
Asie Asia	752	145	1 741	335
dont : of which:				
Chine China	1 216	160	3 312	435
Inde India	397	124	673	210
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	2 729	90	8 673	285
Total Monde World Total	1 282	127	2 933	290
dont OCDE of which OECD	2 943	96	8 226	269

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

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

(3) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande Australia, Israel, Japan, Korea and New Zealand

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

Monde : approvisionnement total en énergie primaire *

World: total primary energy supply *

Mtep Mtoe	1990	2000	2010	2011 %/year	%/an 1990-2011
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	2 260	2 695	2 677	2 663	0,8
dont Etats-Unis of which USA	1 915	2 273	2 216	2 191	0,6
Amérique non OCDE Non OECD America	330	428	584	589	2,8
dont Brésil of which Brazil	140	187	266	270	3,2
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 619	1 747	1 816	1 758	0,4
Union européenne 27 European Union 27	1 636	1 685	1 716	1 654	0,1
dont France of which France	224	252	262	253	0,6
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1 537	1 003	1 136	1 176	-1,3
Moyen-Orient Middle East	212	358	641	647	5,5
Afrique Africa	392	502	691	700	2,8
Asie Asia	1 587	2 227	4 091	4 336	4,9
dont : of which:					
Chine China	879	1 175	2 531	2 743	5,6
Inde India	317	457	724	749	4,2
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	643	850	913	886	1,5
Soutes maritimes internationales International marine bunkers	114	153	202	203	2,8
Soutes aviation internationales International aviation bunkers	87	118	153	158	2,9
Total Monde World Total	8 782	10 082	12 905	13 113	1,9
dont OCDE of which OECD	4 522	5 293	5 406	5 305	0,8

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

Monde : scénario de référence* pour l'approvisionnement total en énergie primaire

World: reference* scenario for primary energy supply

	1990		2010		2020		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	2 260	26	2 677	22	2 830	19	2 933	17
Amérique latine Latin America	333	4	586	5	755	5	892	5
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 630	19	1 837	15	1 869	13	1 932	11
Union européenne 27 European Union 27	1 633	19	1 713	14	1 716	11	1 756	10
Europe de l'Est /Eurasie ⁽³⁾ Eastern Europ / Eurasia ⁽³⁾	1 543	18	1 137	9	1 284	9	1 424	8
Moyen-Orient Middle East	208	2	624	5	811	5	994	6
Afrique Africa	391	5	690	6	833	6	962	6
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 591	18	3 936	31	5 628	37	6 946	40
dont : of which:								
Inde India	319	4	691	6	1 013	7	1 407	8
Chine China	872	10	2 416	20	3 519	24	4 144	24
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	631	7	890	7	929	6	964	6
Total	8 587	100	12 377	100	14 939	100	17 047	100
dont OCDE of which OECD	4 521	5	5 404	44	5 629	38	5 829	34
Monde World	8 784	100	12 730	100	15 332	100	17 500	100
dont : of which:								
Charbon Coal	2 233	25	3 474	27	4 417	29	5 115	29
Pétrole Oil	3 226	37	4 113	32	4 542	30	4 855	28
Gaz Gas	1 671	19	2 740	22	3 341	22	3 999	23
Nucléaire Nuclear	526	6	719	6	886	6	1 013	6
Hydraulique Hydro	184	2	295	2	377	2	435	2
Biomasse et déchets Biomass & Waste	908	10	1 277	10	1 504	10	1 664	10
Autres renouvelables Other renewables	36	0,4	112	0,9	265	2	419	2

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en places.

* Only taking into account policies already formally adopted and implemented

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

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

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - Australia, South Korea, Japan & New Zealand

Nota : Approvisionnement = Production + Imports - Exports - sources maritimes internationales ± variations de stocks

Nota: Supply = Production + Import - Exports - international marine bunkers ± stock changes

Source : World Energy Outlook 2012, AIE - World Energy Outlook 2012, IEA

Monde : consommation finale d'énergie en 2011

World: final consumption of energy for 2011

(Mtep) (Mtoe)	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Biocarburants & déchets Biofuels & waste	Chaleur Heat	Electricité Electricity	Total
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	30	924	398	93	7	395	1 849
dont Etats-Unis of which USA	25	747	327	71	7	326	1 504
Amérique non OCDE Non OECD America	12	208	67	86		76	451
dont Brésil of which Brazil	8	100	13	57	-	39	218
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	53	518	260	79	47	261	1 222
Union européenne 27 European Union 27	40	485	250	nd	nd	238	1 144
dont France of which France	3	70	28	12	4	36	152
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	46	189	230	14	156	106	742
Moyen-Orient Middle East	2	206	164	1	-	59	431
Afrique Africa	20	130	28	298	-	49	525
Asie Asia	700	794	160	531	66	489	2 756
dont : of which:							
Chine China	552	403	71	201	65	336	1 643
Inde India	86	141	26	172	67	67	493
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	40	304	72	10	5	147	580
Total Monde World total	904	3 633	1 381	1 112	281	1 582	8 918
dont OCDE of which OECD	122	1 746	730	182	59	803	3 651

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

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, AIE éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

Monde : scénario de référence* pour la consommation finale d'énergie

World: reference* scenario for final consumption of energy

	1990		2010		2020		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	1 548	25	1 833	22	1 941	19	1 995	18
Amérique latine Latin America	251	4	434	5	565	6	669	6
Dont Brésil of whic Brazil	112	2	211	3	280	3	341	3
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 130	19	1 288	15	1 342	13	1 408	12
UE 27 EU 27	1 124	18	1 194	14	1 230	12	1 281	11
Europe de l'Est/Eurasie ⁽³⁾ Easter Europe/Eurasia ⁽³⁾	1 058	17	715	9	838	8	945	8
Moyen-Orient Middle East	146	2	402	5	529	5	661	6
Afrique Africa	291	5	513	6	619	6	710	6
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 221	20	2 569	31	3 601	36	4 351	38
dont Inde of which India	252	4	462	6	647	6	873	8
dont Chine of which China	672	11	1 506	18	2 162	22	24 985	220
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	431	7	570	7	597	6	615	5
Monde World	6 076	100	8 324	100	10 032	100	11 354	100
dont OCDE of which OECD	3 109	51	3 691	44	3 881	39	4 097	36
Monde World	6 273	100	8 679	100	10 428	100	11 805	100
dont of which								
Charbon Coal	773	12	853	10	1 025	10	1 075	9
Pétrole Oil	2 593	41	3 557	41	4 055	39	4 472	38
Gaz Gas	942	15	1 329	15	1 654	16	1 937	16
Electricité Electricity	833	13	1 537	18	2 115	20	2 650	22
Chaleur Heat	333	5	278	3	312	3	328	3
Biomasse et déchets Biomass & Waste	795	13	1 103	13	1 228	12	1 287	11
Autres Renouvelables Other renewables	4	0,1	22	0,3	39	0,4	56	0,5

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en place.

* Only taking into account policies already adopted and implemented.

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.

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, Ré. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - Australia, South Korea, Japan & New Zealand

Source : World Energy Outlook 2012, AIE World Energy Outlook 2012, IEA

Europe : données générales pour 2011

Europe: general data for 2011

Année 2011 Year 2011	Population (millions habitants) (million inhabitants)	PIB (PPA milliards US\$2005) GDP (PPP billion US\$2005)	Approvisionnement en énergie primaire (millions tep) Primary energy supply (million toe)	Consommation finale d'énergie (millions tep) Final consumption of energy (million toe)	Consommation d'électricité (TWh) Electricity consumption (TWh)
Allemagne Germany	81,8	2 828	312	221	579
Autriche Austria	8,4	304	33	27	70
Belgique Belgium	11,0	365	59	43	89
Bulgarie Bulgaria	7,5	88	19	10	36
Chypre Cyprus	0,8	21	2	2	5
Danemark Denmark	5,6	182	18	14	34
Espagne Spain	46,1	1 245	126	89	259
Estonie Estonia	1,3	24	6	3	8
Finlande Finland	5,4	173	35	25	85
France	65,1	1 959	253	152	477
Grèce Greece	11,3	252	27	19	60
Hongrie Hungary	10,0	173	25	18	39
Irlande Ireland	4,6	167	13	10	26
Italie Italy	60,7	1 643	167	127	328
Lettonie Latvia	2,2	31	4	4	6,7
Lituanie Lithuania	3,2	54	7	6	11
Luxembourg	0,5	35	4	4	8
Malte Malta	0,4	10	1	0,4	2
Pays-Bas Netherlands	16,7	620	77	60	118
Pologne Poland	38,5	692	101	68	148
Portugal	10,6	228	23	18	51
Rép. Tchèque Czech Republic	10,5	253	43	26	66
Rép. Slovaque Slovak Republic	5,4	113	17	11	29
Roumanie Romania	21,4	233	36	24	53
Royaume-Uni United Kingdom	62,7	2 063	188	126	346
Slovénie Slovenia	2,1	52	7	5	14
Suède Sweden	9,5	332	49	33	133
Union européenne (27) European Union (27)	503	14 138	1 654	1 144	3 078

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, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

Europe : données générales pour 2011

Europe: general data for 2011

Année 2011 Year 2011	Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kcp/millier US\$2000) Final energy consumption per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2000)	Consommation d'électricité par habitant (kWh/hab) Electricity consumption per head (kWh/head)	Consommation d'électricité par unité de PIB ⁽²⁾ (kWh/millier US\$2000) Electricity consumption per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2000)
Allemagne Germany	78	7 082	205
Autriche Austria	89	8 355	231
Belgique Belgium	118	8 091	244
Bulgarie	114	4 800	409
Chypre Cyprus	82	6 450	247
Danemark Denmark	77	6 126	187
Espagne Spain	71	5 615	208
Estonie Estonia	121	5 970	333
Finlande Finland	145	15 858	491
France	78	7 327	243
Grèce Greece	75	5 305	238
Hongrie Hungary	105	3 865	224
Irlande Ireland	60	5 677	156
Italie Italy	77	5 402	200
Lettonie Latvia	136	3 045	216
Lituanie Lithuania	111	3 359	199
Luxembourg	105	15 686	230
Malte Malta	36	4 325	173
Pays-Bas Netherlands	97	7 066	190
Pologne Poland	98	3 844	214
Portugal	79	4 793	224
Rép. Tchèque Czech Republic	103	6 274	261
Rép. Slovaque Slovak Republic	96	5 370	257
Roumanie	101	2 477	227
Royaume-Uni United Kingdom	61	5 515	168
Slovénie Slovenia	96	6 829	269
Suède Sweden	99	14 074	401
Union européenne (27) European Union (27)	81	6 114	218

(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, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2012*
 Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2012*

Ktep Ktoe	Bioethanol Bioethanol	Biodiesel Biodiesel	Autres** Others**	Consommation totale Total Consumption
Allemagne Germany	805,5	2 190,8	22,1	3 018,4
Autriche Austria	57,1	449,0	13,1	519,2
Belgique Belgium	48,4	281,0	-	329,4
Bulgarie Bulgaria	0,0	9,8	0,0	9,8
Chypre Cyprus	0,0	16,1	0,0	16,1
Danemark Denmark	70,5	159,0	0,0	229,5
Espagne Spain	208,7	1 718,6	0,0	1 927,3
Estonie Estonia	0,0	0,0	0,0	0,0
Finlande Finland	85,3	169,5	0,0	254,8
France	417,6	2 299,8	0,0	2 717,4
Grèce Greece	0,0	124,6	0,0	124,6
Hongrie Hungary	27,2	30,8	23,4	81,4
Irlande Ireland	28,7	54,7	0,1	83,5
Italie Italy	98,7	1 263,7	0,0	1 362,4
Lettonie Latvia	6,7	12,5	0,0	19,2
Lituanie Lithuania	8,7	51,8	0,0	60,5
Luxembourg	1,3	45,6	0,1	47,0
Malte Malta	0,0	0,0	0,0	0,0
Pays-Bas Netherlands	123,8	202,4	0,0	326,2
Pologne Poland	144,6	755,0	0,0	899,6
Portugal	2,8	284,2	0,0	287,0
Rép. Tchèque Czech Republic	60,0	221,2	0,0	281,2
Rép. Slovaque Slovak Republic	23,8	76,6	0,5	100,9
Roumanie*** Romania***	47,7	138,7	9,7	196,1
Royaume-Uni United Kingdom	388,7	499,7	0,0	888,4
Slovénie Slovenia	5,3	46,3	0,0	51,6
Suède Sweden	207,6	307,9	71,4	586,9
Union européenne (27) European Union (27)	2 868,7	11 409,3	140,4	14 418,4

* Estimation

** Huiles végétales utilisées pures pour l'Allemagne, l'Autriche, l'Irlande, biogaz carburant pour la Suède et la Finlande

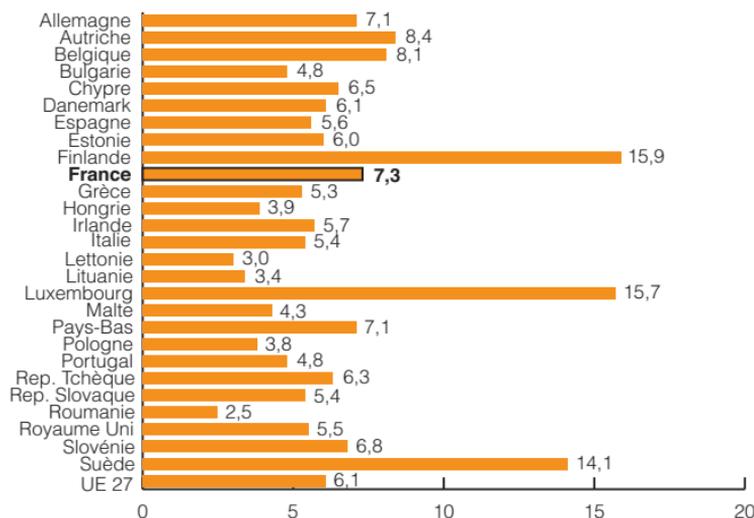
** Pure vegetable oils used for Germany, Austria, Ireland, biogas fuel for Sweden and Finland

*** data unavailable: 2011 values

Source : EurObserver 2013

Consommation d'électricité par habitant (MWh/hab)

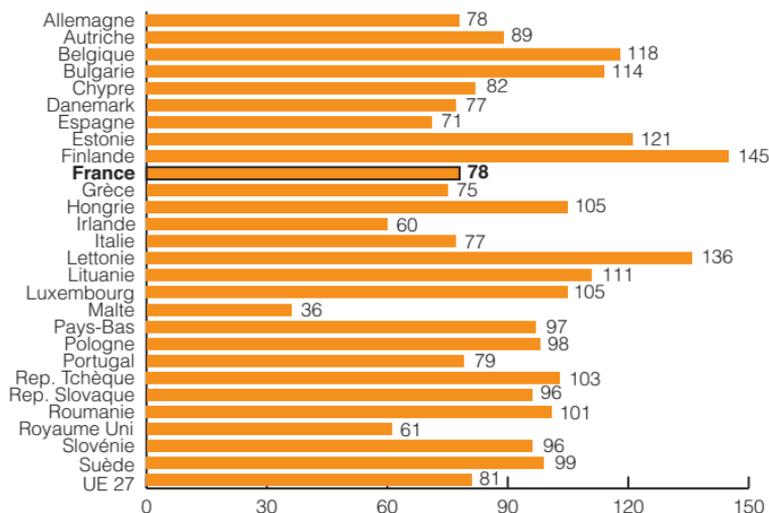
Electricity consumption per head (MWh/capita)



Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2012 Energy Balances, IEA, 2012 ed

Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (kep/millier US\$2000)

Final energy consumption per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2000)



Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2013 Energy Balances, IEA, 2013 ed

France : consommation d'énergie primaire (corrégée du climat) par énergie

France: primary energy consumption (corrected for climate) by fuel

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	2012	%an 1973-2012 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2012
Charbon <i>Coal</i>	28	31	19	14	12	11	-2,3	15,5	4,2
Pétrole <i>Oil</i>	122	107	88	95	81	79	-1,1	67,6	30,5
Gaz <i>Gas</i>	13	21	26	38	40	38	2,7	7,3	14,7
Electricité primaire ⁽¹⁾ <i>Primary electricity ⁽¹⁾</i>	8	22	83	109	115	114	7,2	4,3	44,0
Energies renouvelables thermiques et déchets <i>Thermal renewable energies and waste</i>	9	8	11	13	16	17	1,5	5,2	6,6
Total	180	190	228	269	264	259	0,9	100	100

(1) Nucléaire + hydraulique, éolien et photovoltaïque *Nuclear + hydro, wind & photovoltaic*

Source : Bilan énergétique de l'année 2012 de la France, Service de l'Observation et des Statistiques

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

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

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	2012	%an 1973-2012 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2012
Charbon <i>Coal</i>	18	13	10	7	6	5	-3,3	13,2	3,2
Pétrole <i>Oil</i>	85	78	71	74	66	65	-0,7	63,9	42,2
Gaz <i>Gas</i>	9	17	23	33	32	32	3,5	6,5	20,8
Electricité <i>Electricity</i>	13	18	26	34	38	38	2,9	9,7	24,7
Energies renouvelables thermiques <i>Thermal renewable energies</i>	9	8	11	11	14	15	1,4	6,7	9,7
Total	134	134	141	159	155	154	0,4	100	100,0

Source : Bilan énergétique de l'année 2012 de la France, Service de l'Observation et des Statistiques

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	2012	%an 1973 2012 %/Year	Parts (%) Share (%)	
								1973	2012
Industrie Industry	48	45	38	39	33	32	-1,0	33	19
dont sidérurgie of which iron and steel industry	13	11	7	6	5	5	-2,3	9	3
Résidentiel- tertiaire	56	54	58	67	68	69	0,5	39	41
Résidentiel-tertiaire Residential-tertiary	nd	nd	nd	nd	45	46	nd	nd	28
dont résidentiel of which residential	nd	nd	nd	nd	22	23	nd	nd	14
dont tertiaire of which tertiary									
Agriculture	4	3	4	3	4	4	0,4	3	3
Transports	26	32	41	49	49	49	1,7	18	30
Total énergétique Energy total	134	134	141	158	155	154	0,4	92	93
Total non énergétique Not energy total	11	12	12	17	12	12	0,2	8	7
Total	145	146	153	175	167	166	0,4	100	100

Source : Bilan énergétique de l'année 2012 en France, Observatoire de l'énergie

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)

Mtep Mtoe	2010	2030	2050	2010- 2030	2030- 2050
DIV *					
Pétrole Oil	65,5	36,9	20,2	- 2,2 %	- 2,3 %
Gaz naturel Natural gas	32,4	28,7	16,9	- 0,6 %	- 2,1 %
Charbon Coal	5,7	3,3	1,1	- 2,1 %	- 3,3 %
Électricité Electricity	38,0	39,5	33,1	0,2 %	- 0,8 %
Renouvelables et autres Renewable and others	13,8	30,7	52,6	6,1 %	3,5 %
Total énergétique	155,4	139,2	124,0	- 0,5 %	- 0,5 %
EFF*					
Pétrole Oil	65,5	42,1	5,9	- 1,8 %	- 4,3 %
Gaz naturel Natural gas	32,4	23,7	11,9	- 1,3 %	- 2,5 %
Charbon Coal	5,7	5,1	4,0	- 0,5 %	- 1,1 %
Électricité Electricity	38,0	32,4	32,8	- 0,7 %	0,1 %
Renouvelables et autres Renewable and others	13,8	19,7	27,4	2,1 %	2,0 %
Total énergétique	1 155,4	123,0	82,0	- 1,0 %	- 1,7 %

* DIV : diversification des vecteurs énergétiques avec cogénération - diversification of energetic vectors with cogeneration

* EFF : efficacité énergétique et développement de l'offre renouvelable - energetic efficiency and renewable supply development

Source : Ancre

Source : Ademe

France : bilans électriques

France: electricity balances

TWh	Consommation Consumption		Echanges avec l'étranger (3) Balance (3)	Production intérieure Inland Production				Total
	Intérieure (1) Inland (1)	Nette (2) Net (2)		Thermique classique Conventional Thermal	Hydraulique Hydro	Nucléaire Nuclear	Autres renouvelables Other renewables	
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	7,9	545
							(dont éolien : 4)	
2008	495	461	-47	53	68	418	9,6	549
							(dont éolien : 5,6)	
2009	486	453	-25	55	62	390	12,2	519
							(dont éolien : 7,8)	
2010	513	476	-30	59	68	408	15	550
							(dont éolien : 9,6, photovoltaïque : 0,6)	
2011	478	443	-57	51	50	421	19,3	542
							(dont éolien : 11,9, photovoltaïque : 1,8)	
2012	489	453	-45	48	64	405	24,7	541
							(dont éolien : 14,9, photovoltaïque : 3,9)	

(1) La consommation intérieure est égale à la somme de la production nationale et des échanges d'électricité, déduction faite de l'énergie de pompage **Inland consumption equals domestic generation plus imports minus exports & energy used for pumping**

(2) La consommation nette est égale à la consommation intérieure 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 (Bilan électrique 2012)

France : bilan de l'énergie en 2012

France: energy balance for 2012

Mtep	Mtoe	Charbon Coal		Pétrole Oil		Gaz Gas		Electricité Electricity		ENR th et déchets RF and waste	Total
		Houille Lignite ⁽¹⁾ Hard coal, lignite ⁽¹⁾	Coke, agglomérés Coke, briquettes	Brut Crude	Raffiné Refined	Naturel Natural	Industriels Industrial	Prod. ⁽²⁾	Cons.		
Approvisionnement Supply											
Total disponibilités Total availability		10,86		57,04	21,38	38,03		114,08		17,07	258,45
Production énergie primaire Primary energy production		0,12		0,81	0,29	0,45		117,54		16,75	136,32
Importations Imports		9,85 0,69		56,82	43,01	38,95		1,05		0,44	150,80
Exportations Exports		-0,11 -0,05		-0,18	-20,47	-2,14		-4,88		-0,12	-27,95
Stocks ⁽⁵⁾		0,51 -0,14		-0,41	0,87	0,76					1,59
Soutes maritimes internationales International marine bunkers					-2,32						-2,32
Emplois Employment											
Consommation branche énergie (A) Energy branch consumption (A)		7,69	-2,12	57,04	-53,49	4,61	0,37	-4,63	81,21	2,32	93
Raffinage Refining				56,5	-53,18	0,56		-0,09 0,32			4,11
Production d'électricité thermique Thermal electricity production		4,32			0,72	3,64 0,59		-4,54		1,85	6,58
Usages internes Internal uses		2,79 -2,21				0,36 -0,19		3,98		0,41	5,13
Pertes et ajustements Losses and adjustments		0,58 0,09		0,54	-1,03	0,05 -0,02		76,92		0,06	77,19
Consommation finale énergétique (corrigée du climat) (B) Final energy consumption (corrected for climate) (B)											
		2,68	2,54		64,6	32,41	-0,37		37,6	14,93	154,39
Sidérurgie Steel industry		1,41 2,24			0,02	0,5 -0,37		0,91			4,71
Industries Industries		0,99 0,28			5,11	9,63		9,23		2,18	27,42

(1) Ainsi que Produits de récupération also recovered products

(2) Dont : - hydraulique et éolien: 6,69 Mtep including: - hydro and wind 6.69 Mtoe
- nucléaire 110,85 Mtep - nuclear 110.85 Mtoe

(3) ENR thermiques : énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique...)

Renewable fuels: renewable thermal energies (wood, wood waste, thermal solar)

(4) Du fait d'arrondis, certains écarts peuvent être constatés sur certains totaux

Rounding of values may result in differences in some totals

(5) + : destockage ; - : stockage + : withdrawal ; - : stocking

Source : Statistiques énergétiques France, 2013, Observatoire de l'énergie

France : bilan de l'énergie en 2012 (suite)

France: energy balance for 2012

Mtep Mtoe	Charbon Coal		Pétrole Oil		Gaz Gas		Electricité Electricity		ENR th et déchets RF and waste (3)	Total (4)
	Houille Lignite (1) Hard coal lignite (1)	Coke, agglomérés Coke, briquettes	Brut Crude	Raffiné Refined	Naturel Natural	Industriels Industrial	Prod. (2)	Cons.		
2012										
Résidentiel Residential	0,16	0,03		6,82	16,21			13,69	9,14	46,04
Tertiaire Tertiary	0,11	-		3,91	5,74			12,02	0,83	22,62
Agriculture				3,45	0,23			0,69	0,06	4,42
Transports (6)				45,3	0,09			1,07	2,72	49,18
Consommation finale non-énergétique (C) Final non-energy consumption (C)		0,07		10,44	1,47					11,99
Consommation totale d'énergie primaire (corrigée du climat) (A+B+C) Total primary energy consumption (corrected for climate) (A+B+C)	10,87		78,59		38,49		114,18	17,24	259,38	

(1) Ainsi que Produits de récupération also recovered products

(2) Dont : - hydraulique et éolien : 6,69 Mtep including: - hydro and wind 6.69 Mtoe
- nucléaire 110,85 Mtep - nuclear 110.85 Mtoe

(3) ENR thermiques : énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique...)
Renewable fuels: renewable thermal energies (wood, wood waste, thermal solar)

(4) Du fait d'arrondis, certains écarts peuvent être constatés sur certains totaux
Rounding of values may result in differences in some totals

(5) + : destockage ; - : stockage + : withdrawal ; - : stocking

Source : Statistiques énergétiques France, 2013, Observatoire de l'énergie

PRODUCTION

Monde : capacités électriques installées en 2010

World: 2010 electricity installed capacities

(GW) 2010	Thermique conventionnel Conventional thermal	Hydraulique Hydroelectric	Nucléaire Nuclear	Renouvelables et déchets (hors hydraulique) Renewable and waste (excepting hydro)	Total
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	926	193	122	67	1 308
dont Etats-Unis of which United States	833	101	106	57	1 098
Amérique Latine Latin America	79	146	3	9	237
dont Brésil of which Brazil	17	88	2	6	114
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	503	194	138	146	981
dont UE 27 of which EU 27	483	145	138	145	910
Europe de l'Est / Eurasie ⁽³⁾ Eastern Europ / Eurasia ⁽³⁾	287	91	42	2	422
Moyen-Orient Middle East	201	13	-	0	214
Afrique Africa	114	27	2	2	145
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 048	300	21	76	1 446
dont Chine of which China	721	213	11	52	997
dont Inde of which India	129	40	5	16	189
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	279	68	68	16	430
Total Monde World Total	3 435	1 033	394	320	5 183

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque, Suisse et Turquie - European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Rep., Czech Rep., Switzerland and Turkey

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, Ré. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande - Australia, South Korea, Japan & New Zealand

Source : WEO 2012

Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2012

Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2012

Pays Countries	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⁾
Afrique du Sud South Africa	243,61	12,4	5,09
Allemagne Germany	583,02	94,1	16,14
Argentine Argentina	125,27	5,9	4,71
Arménie Armenia	7,96	2,12	26,62
Belgique Belgium	75,46	38,5	51,02
Brésil Brazil	485,53	15,1	3,11
Bulgarie Bulgaria	46,76	14,8	31,65
Canada	582,73	89,1	15,29
Chine China	4 658,29	92,7	1,99
Corée du Sud South Korea	472,84	143,6	30,37
Espagne Spain	286,06	58,7	20,52
Etats-Unis USA	4 062,73	770,7	18,97
Finlande Finland	67,81	22,1	32,59
France	545,53	408	74,79
Hongrie Hungary	32,24	14,8	45,9
Inde India	820,44	29,7	3,62
Iran	43,33	1,3	3
Japon Japan	832,37	17,23	2,07
Mexique Mexico	178,56	8,41	4,71
Pakistan	98,69	5,27	5,34
Pays-Bas Netherlands	88,89	3,92	4,41
Rép.tchèque Czech Republic	81,09	28,6	35,27
Roumanie Romania	54,58	10,6	19,42
Royaume-Uni United Kingdom	353,79	64	18,09
Russie Russia	935,32	166,3	17,78
Slovaquie Slovakia	26,77	14,4	53,79
Slovénie Slovenia	14,46	5,2	35,95
Suède Sweden	161,37	61,5	38,11
Suisse Switzerland	67,89	24,4	35,94
Taiwan (Chine / China)	203,47	38,7	19,02
Ukraine Ukraine	183,61	84,9	46,24
Pays non nucléaires	5 091	-	-
Total	21 511 ⁽²⁾	2 347,05	10,91

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

(2) Source : IEA World Statistics for 2010

Source : AIEA (base de données PRIS), IAEA (PRIS Database)

Monde : production d'électricité par source en 2011

World: electricity generation by fuel for 2011

%	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Nucléaire Nuclear	Hydraulique Hydro	Autres Others	Total
Amérique OCDE ⁽¹⁾ <i>OECD America ⁽¹⁾</i>	37,7	1,9	24,0	17,4	14,2	4,9	100
dont Etats-Unis <i>of which USA</i>	43,4	0,9	24,2	19,0	7,4	5,2	100
Amérique non OCDE <i>Non OECD America</i>	2	12,6	14,3	2,0	64,6	4,5	100
dont Brésil <i>of which Brazil</i>	2,3	2,8	4,7	2,9	80,6	6,7	100
Europe OCDE ⁽²⁾ <i>OECD Europe ⁽²⁾</i>	25,2	1,9	22,1	25,5	14,2	11,3	100
Union européenne 27 <i>European Union 27</i>	27,1	2,3	21,3	27,9	9,4	12,0	100
dont France <i>of which France</i>	3,1	0,6	4,8	79,4	8,1	4,0	100
Non OCDE Europe et Eurasie ⁽³⁾ <i>Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾</i>	24,3	2,3	39,5	17,0	16,5	0,4	100
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	0,1	37,1	60,4	0	2,4	0	100
Afrique <i>Africa</i>	37,9	10,2	33,1	2,0	16,1	0,7	100
Asie ⁽⁴⁾ <i>Asia ⁽⁴⁾</i>	48,8	6,5	24,8	3,7	12,4	3,8	100
dont Inde <i>of which India</i>	67,9	1,2	10,3	3,2	12,4	5,0	100
Chine <i>China</i>	78,9	0,2	2,0	1,8	14,7	2,4	100
Asie Océanie OCDE ⁽⁵⁾ <i>OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾</i>	37,3	9,3	29,6	13,4	6,8	3,7	100
Total Monde <i>World Total</i>	41	4,8	21,9	11,7	15,8	4,5	100
dont OCDE <i>which OECD</i>	33,5	3,2	24,4	19,3	12,9	6,8	100

(1) USA, Canada, Chili et Mexique *USA, Canada, Chile & Mexico*

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - *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*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Hors Chine - *Without China*

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - *Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand*

Source : *Bilans énergétiques, AIE, éd 2013 - Energy Balances, IEA, 2013 ed*

Monde : production d'électricité

World: electricity generation

TWh	1990	2000	2010	2011	%/an 1990-2011 %/year
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	3 819	4 876	5 288	5 325	2
dont Etats-Unis of which USA	3 203	4 026	4 354	4 327	1
Amérique non OCDE Non OECD America	489	759	1 068	1 108	4
dont Brésil of which Brazil	223	349	516	532	4
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	2 662	3 223	3 607	3 558	1
Union européenne 27 European Union 27	2 568	2 995	3 315	3 251	1
dont France of which France	417	536	564	557	1
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1 894	1 432	1 699	1 725	0
Moyen-Orient Middle East	219	422	824	845	7
Afrique Africa	316	441	671	692	4
Asie Asia	1 271	2 628	6 321	6 954	8
dont : of which:					
Chine China	650	1 388	4 246	4 755	10
Inde India	289	561	960	1 052	6
Asie Océanie OCDE ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	1 148	1 630	1 961	1 920	2
Total Monde World total	11 819	15 410	21 438	22 126	3
dont OCDE of which OECD	7 629	9 728	10 855	10 802	2

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(3) : Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - 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, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd. 2013 - Energy Balances, IEA, 2013 ed

Monde : scénario de référence* pour la production d'électricité

World: reference scenario* for electricity generation

	1990		2010		2015		2030	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Amérique OCDE ⁽¹⁾ <i>OECD America</i> ⁽¹⁾	3 819	32	5 293	25	5 565	22	6 435	19
Amérique latine <i>Latin America</i>	489	4	1 069	5	1 245	5	1 726	5
Europe OCDE ⁽²⁾ <i>OECD Europe</i> ⁽²⁾	2 683	23	3 662	17	3 803	15	4 243	13
UE 27 <i>EU 27</i>	2 568	22	3 310	15	3 388	14	3 702	11
Europe de l'Est/Eurasie ⁽³⁾ <i>East Europe/Eurasia</i> ⁽³⁾	1 894	16	1 681	8	1 818	7	2 228	7
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	219	2	824	4	1 020	4	1 558	5
Afrique <i>Africa</i>	316	3	662	3	783	3	1 224	4
Asie non OCDE <i>Non OECD Asia</i>	1 271	11	6 325	30	8 780	35	14 165	42
dont Inde <i>of which India</i>	289	2	960	4	1 326	5	2 691	8
dont Chine <i>of which China</i>	650	6	4 247	20	6 107	24	9 945	29
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ <i>OECD Asia Oceania</i> ⁽⁴⁾	1 127	10	1 893	9	1 981	8	2 210	7
Monde <i>World</i>	11 818	100	21 409	100	24 995	100	33 789	100
dont OCDE <i>of which OECD</i>	7 629	65	10 848	51	11 349	45	12 888	38
dont <i>of which</i>								
Charbon <i>Coal</i>	4 426	37	8 687	41	10 242	41	11 616	34
Pétrole <i>Oil</i>	1 336	11	1 000	5	967	4	547	2
Gaz <i>Gas</i>	1 727	15	4 760	22	5 374	22	7 376	22
Nucléaire <i>Nuclear</i>	2 013	17	2 756	13	2 881	12	4 337	13
Hydraulique <i>Hydro</i>	2 144	18	3 431	16	3 950	16	5 231	15
Biomasse et déchets <i>Biomass & Waste</i>	131	1	331	2	474	2	1 165	3
Eolien <i>Wind</i>	4	0,0	342	2	808	3	2 182	6
Geothermique <i>Geothermal</i>	36	0,3	68	0,3	93	0,4	221	1
Solaire PV <i>Solar PV</i>	0	0,0	32	0,1	183	1	551	2
Solaire thermodynamique <i>CSP</i>	1	0,0	2	0,0	21	0,1	167	0,5
Marine <i>Marine</i>	1	0,0	1	0,0	3	0,0	23	0,1

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique - *USA, Canada, Chile & Mexico*

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - *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*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, Rép. de Moldavie, Roumanie, Rép. de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkmenistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - *Australia, Israel, Japan, Korea & New Zealand*

* Seule prise en compte des politiques déjà adoptées et mises en place

* Only taking into account policies already formally adopted and implemented

Source : *World Energy Outlook 2012, IEA*

Europe : évolution de la production électrique

Europe: evolution of electricity generation

TWh	1973	1980	1990	2000	2010	2011	%/an %/year 1973- 2011	%/an %/year 2000- 2011
Allemagne <i>Germany</i>	374	466	548	572	622	602	1,3	0,5
Autriche <i>Austria</i>	31	42	49	60	68	62	1,8	0,3
Belgique <i>Belgium</i>	41	53	70	83	94	89	2,1	0,7
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	22	35	42	41	46	50	2,2	1,9
Chypre <i>Cyprus</i>	0,8	1	2	3	5	5	4,9	3,7
Danemark <i>Denmark</i>	19	27	26	36	39	35	1,6	-0,3
Espagne <i>Spain</i>	76	109	151	222	300	289	3,6	2,4
Estonie <i>Estonia</i>			17	9	13	13		3,9
Finlande <i>Finland</i>	26	41	54	70	81	73	2,7	0,4
France	183	257	417	536	564	557	3,0	0,3
Grèce <i>Greece</i>	15	23	35	53	57	59	3,7	1,0
Hongrie <i>Hungary</i>	18	24	28	35	37	36	1,9	0,2
Irlande <i>Ireland</i>	7	11	14	24	28	28	3,6	1,5
Italie <i>Italy</i>	144	184	213	270	299	301	2,0	1,0
Lettonie <i>Latvia</i>			7	4	7	6		3,4
Lituanie <i>Lithuania</i>			28	11	5	4		-8,9
Luxembourg	1	1	1	0,4	3	3	2,0	19,2
Malte <i>Malta</i>	0,4	1	1	2	2	2	4,5	0,4
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	53	65	72	90	118	113	2,0	2,1
Pologne <i>Poland</i>	84	121	134	143	157	163	1,8	1,2
Portugal	10	15	28	43	54	52	4,5	1,7
Rép. slovaque <i>Slovak Republic</i>	12	20	25	31	27	28	2,2	-0,9
Rép. tchèque <i>Czech Republic</i>	41	53	62	73	85	87	2,0	1,6
Roumanie <i>Romania</i>	47	67	64	52	60	62	0,7	1,6
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	281	284	318	374	378	365	0,7	-0,2
Slovénie <i>Slovenia</i>			12	14	16	16		1,5
Suède <i>Sweden</i>	78	96	146	145	149	150	1,7	0,3
UE (27) <i>EU (27)</i>	1 564	1 995	2 567	2 996	3 314	3 250	1,9	0,7

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd 2013 - *Energy Balances, IEA, 2013 ed*

Europe : part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2011 et objectifs 2020

Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2011 and national overall targets in 2020

	2011*	2020
Allemagne <i>Germany</i>	12,3 %	18 %
Autriche <i>Austria</i>	30,9 %	34 %
Belgique <i>Belgium</i>	5,5 %	13 %
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	12,8 %	16 %
Chypre <i>Cyprus</i>	6,0 %	13 %
Danemark <i>Denmark</i>	23,5 %	30 %
Espagne <i>Spain</i>	15,1 %	20 %
Estonie <i>Estonia</i>	25,6 %	25 %
Finlande <i>Finland</i>	33,0 %	38 %
France	13,2 %	23 %
Grèce <i>Greece</i>	11,2 %	18 %
Hongrie <i>Hungary</i>	8,2 %	13 %
Irlande <i>Ireland</i>	6,2 %	16 %
Italie <i>Italy</i>	11,6 %	17 %
Lettonie <i>Latvia</i>	33,1 %	40 %
Lituanie <i>Lithuania</i>	18,3 %	23 %
Luxembourg	2,8 %	11 %
Malte <i>Malta</i>	0,4 %	10 %
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	4,4 %	14 %
Pologne <i>Poland</i>	10,6 %	15 %
Portugal	26,8 %	31 %
Rep. Tchèque <i>Czech Republic</i>	10,4 %	13 %
Rep. Slovaque <i>Slovak Republic</i>	9,5 %	14 %
Roumanie <i>Romania</i>	24,1 %	24 %
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	3,8 %	15 %
Slovénie <i>Slovenia</i>	18,5 %	25 %
Suède <i>Sweden</i>	47,6 %	49 %
Union européenne 27 <i>European Union 27</i>	13,4 %	20 %

* Estimation

Source : *EurObserver 2013*

France : production d'énergie primaire renouvelable*

France: renewable energy production*

	2010	2011	2012**
Hydraulique Hydroelectricity	5 406	3 891	5 001
Eolien Wind	855	1 052	1 284
Solaire PV Solar PV	53	179	349
Solaire thermique Thermal solar	64	71	79
Géothermie Geothermal energy	90	89	94
Pompes à chaleur Heat pump	1 203	1 093	1 384
Déchets urbains renouvelables Renewable municipal waste	1 025	1 002	1 018
Bois énergie Wood energy	9 986	8 658	10 028
Résidus de récolte Crop residue	343	295	290
Biogaz Biogas	365	410	443
Biocarburants Bio-motorfuels	2 256	2 055	2 397
Total en ktep⁽¹⁾ Total in ktoe⁽¹⁾	21 645	18 796	22 367

* Métropole Mother country

** Provisoire

Source : Bilan énergétique de la France pour 2012 SOeS

France : bilan électrique

France: electricity balance

	2008		2009		2010		2011*		2012*	
	TWh net	%								
Production nette Net Production	549	100	519	100	550	100	543	100	541	100
Thermique nucléaire Nuclear	418,3	76,2	390,0	75,1	407,9	74,1	421,1	77,6	404,9	74,8
Thermique classique Conventional thermal	53,2	9,7	54,8	10,6	59,4	10,8	51,5	9,5	47,9	8,8
Hydraulique Hydro	68,0	12,4	61,8	11,9	68	12,4	50,3	9,3	63,8	11,8
Autres sources d'énergie renouvelables Other renewable energy	10	2	12,2	2,4	15	2,7	5,6	1,0	5,9	1,1
dont solaire of which solar							2,4	0,4	4	0,7
dont éolien of which wind	5,6	1,0	7,8	1,5	9,6	1,7	12,1	2,2	14,9	2,8
Consommation intérieure Gross Inland Consumption	495		486		513		478		489	
Pertes Losses	33,5	6,8	33,6	6,9	37	7,2	35	7,3	36	7,4
Consommation nette Net consumption	461,0	93,2	452,8	93,1	476,1	92,8	443,3	92,7	453,4	92,7
Pompage Pumping storage	7									
Solde Import-Export Import-Export balance	48		26		31		57		45	

* Les autres sources d'énergie renouvelables excluent le solaire à partir de 2011.

* Other renewable energy exclude solar energy from 2011.

Source : Energie Electrique en France, RTE, éd 2013

France: échanges contractuels transfrontaliers d'électricité en 2012

France: cross-border contractual electricity exchanges in 2012

TWh	Exportations	Importations	Solde exportateur
Allemagne <i>Germany</i>	5,2	13,9	-8,7
Belgique <i>Belgium</i>	13,9	1,9	12,0
Espagne <i>Spain</i>	5,8	4,0	1,8
Grande Bretagne <i>United Kingdom</i>	8,4	1,9	6,5
Italie <i>Italy</i>	15,7	0,6	15,1
Suisse <i>Switzerland</i>	24,5	7,0	17,5
Total France	73,5	29,3	44,2

Source : RTE

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
1955	mercredi 21 décembre	Wednesday December 21	8,9 GWe
1960	jeudi 15 décembre	Thursday December 15	12,9 GWe
1965	jeudi 9 décembre	Thursday December 9	17,5 GWe
1970	vendredi 18 décembre	Friday December 18	23,3 GWe
1975	mardi 16 décembre	Tuesday December 16	32 GWe
1980	mardi 9 décembre	Tuesday December 9	44,1 GWe
1985	mercredi 16 janvier	Wednesday January 16	60 GWe
1990	lundi 17 décembre	Monday December 17	63,4 GWe
1995	lundi 5 janvier	Monday January 5	66,8 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
2011	mardi 4 janvier	Tuesday January 4	91,8 GWe
2012	mercredi 8 février	Wednesday February 8	102,1 GWe

Source : Bilan électrique 2012, RTE ed. 2013

**ENERGIE ELECTRIQUE
ET ELECTRONUCLEAIRE**

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	Graphite	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ U naturel Natural U UO ₂ , UC ₂ , ThO ₂ ...
	MGUNGG	CO ₂	Magnox gas cooled		
	HTR (GT-MHR, PBMR)	He	High temperature		
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	Eau ordinaire Light water	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ ou or UO ₂ enrichi et Mox Enriched UO ₂ and MOX
	PWR (APWR, WWER)	Eau ordinaire Light water	Sous pression Pressurized		
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 - Elecnuc

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 moxés 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) ⁽⁶⁾ Natural uranium requirements (t) ⁽⁶⁾	316	423	449		
Besoin en enrichissement (milliers d'UTS) Enrichment requirements (10 ³ SWU)	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 (10 ³ 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 01/01/2013

58 unités installées représentant 63 GWe

Nuclear power plants in France - Status as of 2013/01/01

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
58 unités REP 58 PWR units 62,9 GWe nets 62,9 net GWe 34 REP-900 34 PWR-900 30 660 MWe 20 REP-1300 20 PWR-1300 26 370 MWe	<i>Fessenheim-1</i>	880	1978
	<i>Fessenheim-2</i>	880	1978
	<i>Bugey-2</i>	910	1979
	<i>Bugey-3</i>	880	1979
	<i>Bugey-4</i>	880	1979
	<i>Bugey-5</i>	900	1980
	<i>Dampierre-1</i>	890	1980
	<i>Gravelines-1</i>	915	1980
	<i>Tricastin-1</i>	880	1980
	<i>Tricastin-2</i>	880	1980
	<i>Gravelines-2</i>	915	1980
	<i>Dampierre-2</i>	890	1981
	<i>Dampierre-3</i>	890	1981
	<i>Gravelines-3</i>	915	1981
	<i>Gravelines-4</i>	915	1981
	<i>Tricastin-3</i>	880	1981
	<i>Tricastin-4</i>	880	1981
	<i>Dampierre-4</i>	890	1981
	<i>Blayais-1</i>	910	1981
	<i>Saint-Laurent-B-1</i>	890	1983
	<i>Saint-Laurent-B-2</i>	890	1983
	<i>Blayais-2</i>	910	1983
	<i>Blayais-3</i>	910	1983
	<i>Blayais-4</i>	910	1983
	<i>Chinon-B-1</i>	920	1984
	<i>Cruas-Meyssse-1</i>	915	1984
	<i>Chinon-B-2</i>	920	1984
	<i>Cruas-Meyssse-3</i>	915	1984
	<i>Gravelines-5</i>	915	1985
	Paluel-1	1 330	1985
	<i>Cruas-Meyssse-2</i>	915	1985
	Paluel-2	1 330	1985
	<i>Cruas-Meyssse-4</i>	915	1985
	<i>Gravelines-6</i>	915	1985
Paluel-3	1 330	1986	

Source : AIEA

Regroupement par filière Reactor type	Nom des unités Name of the unit	Puissance - MWe nets Capacity net MWe operation	Année de MSI Year of commercial
	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
	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 4 REP-1450 4 PWR-1450 5 810 MWe nets	Chooz-B-1	1 455	2000
	Chooz-B-2	1 455	2000
	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⁾

	2011	2015 ⁽¹⁾	2020 ⁽¹⁾
Puissance électronucléaire nette installée (GWe) Installed nuclear capacity	63,1	63,1	61,3
Production nette d'électricité nucléaire (TWh) Nuclear electricity generation	421	430	400-410
Besoins en uranium naturel (tU/an) Natural Uranium requirements	8 000	8 000	7 800
Besoins en services d'enrichissement (10 ³ UTS/an) Enrichment requirements	6 000	6 000	5 850
Besoins en fabrication Manufacturing requirements			
• de combustible REP U ₂₃₅ (t ML/an) • U ₂₃₅ PWR fuel manufacturing requirements (t HM/year)	1 050	1 050	1 000
• de combustible MOX pour REP (t ML/an) • MOX fuel for PWR (t HM/year)	120	120	120
Quantités de combustible irradié produites (t ML/an) PWR spent fuel arisings (t HM/year)	1 150	1 150	1 100

(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 2012

Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides

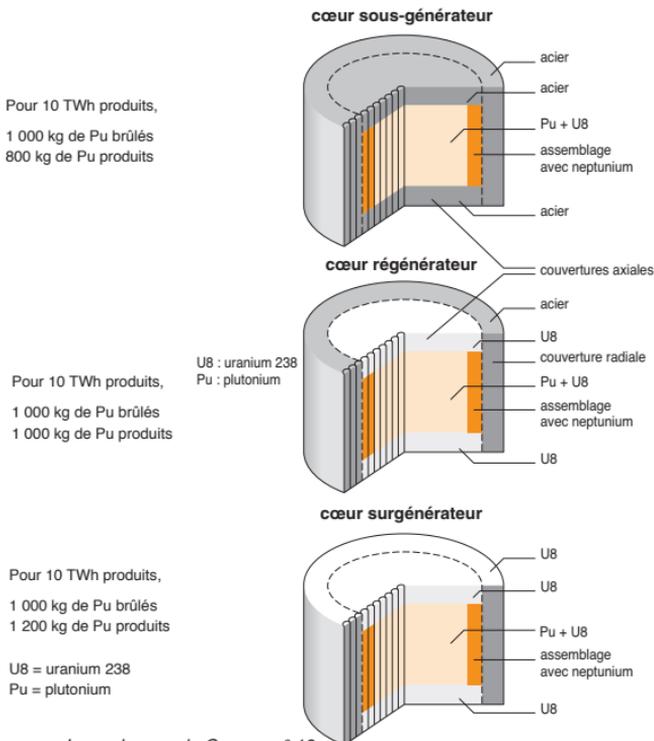
Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) ont été développés pour leur capacité à transformer l'uranium 238, non fissile, qui constitue plus de 99 % de l'uranium naturel, en plutonium fissile.

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

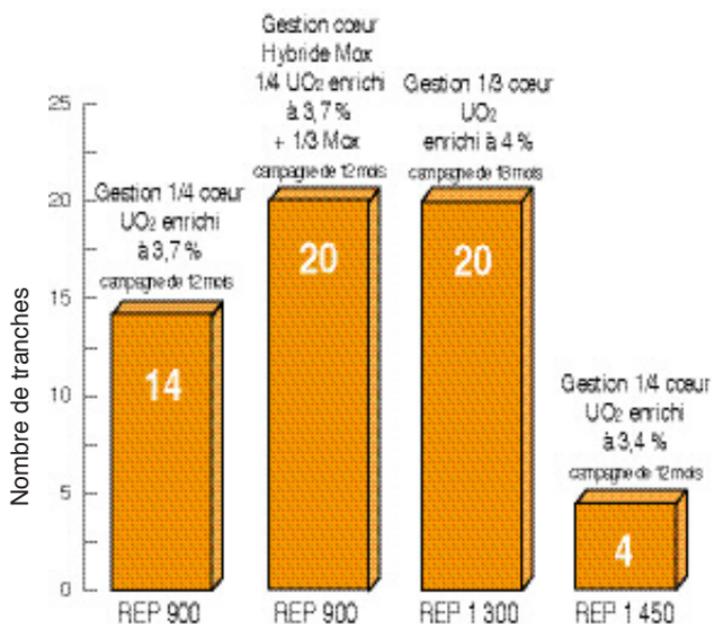


Source : « Les colonnes de Creys » n° 10

CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

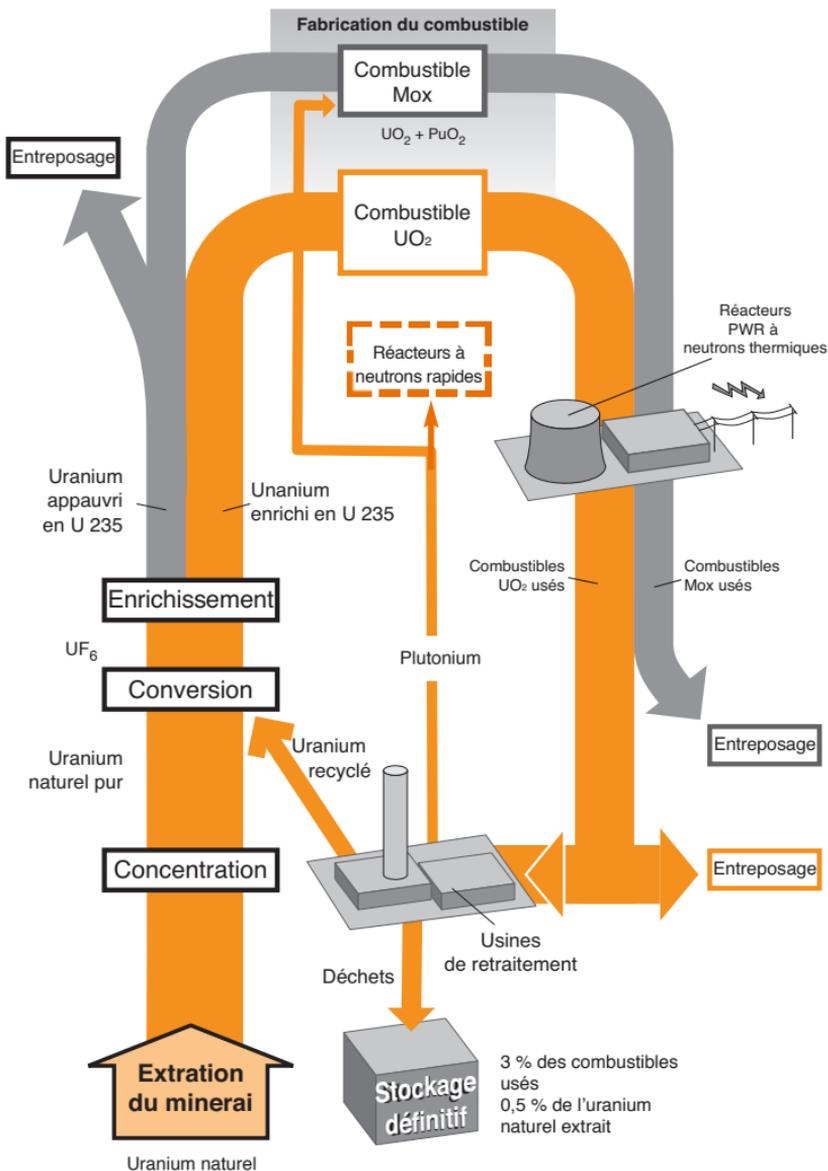
L'uranium naturel extrait du minerai est constitué de 99,3 % d'uranium 238, inerte, et de 0,7 % d'uranium 235, seul susceptible de produire de l'énergie par fission. L'enrichissement permet d'obtenir un combustible UO_2 (oxyde d'uranium) dont la teneur en isotope 235 est portée à environ 3,5 %. Pendant 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

	2010	2015	2020	2030	2035
Tonnes U	63 875	de 69 890 à 75 755	de 77 850 à 91 400	de 92 215 à 123 160	de 97 645 à 136 385

Source : Uranium 2011. Resources, Production and Demand. AEN ed. 2012

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	2012	2015	2020
France	Areva, Georges Besse I & II	2 500	7 000	8 200
Allemagne + Pays-Bas + Royaume Uni	Urenco: Gronau, Almelo, Capenhurst	12 800	14	16
Japon	JNFL, Rokkaasho	150	150	1 500
USA	USEC, Paducah & Piketon	5 000*	3 800	3 800
USA	Urenco, New Mexico	2 000	5 700	5 700
USA	Areva, Idaho Falls	0	1 500	3 300*
	Global Laser Enrichment	0	1 000*	3 000*
Russie	Tenex: Angarsk, Novouralsk, Zelenogorsk, Seversk	25	30	37
Chine	CNNC, Hanzhun & Lanzhou	1 500	3 000	8 000
Pakistan, Brésil, Iran		100	500	1 000*
Total		49 000	65 000	87 200
	Besoins (scénario de référence WNA)	47 143	51 425	59 939

* Valeur incertaine

Source : WNA 2013

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						
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 2010	Besoins		
		2010	2015	2020
BWR	1 150 ⁽⁶⁾	919 ⁽¹⁾	303 ⁽⁴⁾	277 ⁽⁴⁾
FBR MOX	4,5	1	non connu	5 ⁽²⁾
GCR (Magnox et AGR)	240	163	180	60
HWR	2 000	2 000	2 150	1 900
LWR	650 ⁽⁵⁾	2 791 ⁽³⁾	2 653 ⁽³⁾	2 711 ⁽³⁾
PWR	3 624 ⁽⁶⁾	2 429 ⁽⁶⁾	2 232 ⁽⁴⁾	2 367 ⁽⁷⁾
LWR MOX	195	141	126 ⁽²⁾	120 ⁽²⁾
Total	7 863 ⁽⁸⁾	8 443	7 644 ⁽²⁾	7 440 ⁽²⁾

(1) Hors USA et Allemagne - **Except USA and Germany**

(2) Hors Japon - **Except Japan**

(3) BWR et PWR USA et Allemagne - **BWR and PWR USA and Germany**

(4) Hors USA, Allemagne et Japon - **Except USA, Germany and Japan**

(5) Allemagne uniquement - **Only Germany**

(6) Hors USA et Allemagne - **Except USA and Germany**

(7) Hors Japon, Pays-Bas, USA et Allemagne - **Except Japan, Netherlands, USA and Germany**

(8) Hors USA - **Except USA**

Source : *Données sur l'énergie nucléaire, AEN éd. 2012*

Usines de traitement des combustibles usés

Used fuel reprocessing units

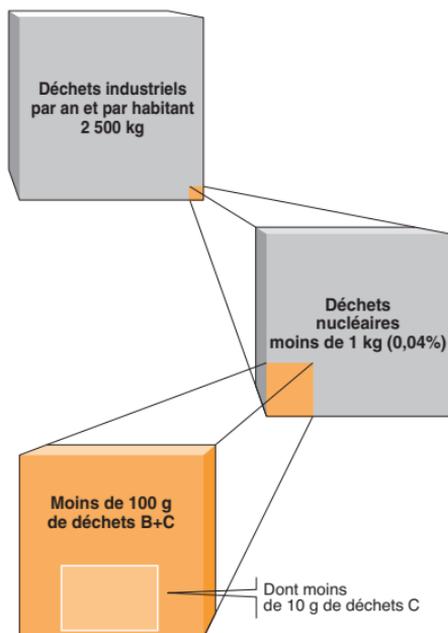
Pays	Site	Capacité t/an	Combustible	Mise en service
Capacités existantes				
	France			
	La Hague UP2	800	oxyde	1976
	La Hague UP3	800	oxyde	1990
Royaume-Uni	Sellafield (Thorp) ⁽¹⁾	900	oxyde	1994
Inde	Tarapur	60	filière eau lourde ou oxyde	1982
Russie	Chelyabinsk ⁽²⁾	400	oxyde	1984
Réalisations en cours				
	Inde			
	Japon			
	Kalpakkam	100	filière eau lourde	
	Rokkashomura	800	oxyde	2010

(1) Thermal oxide reprocessing plant

(2) La capacité est limitée à 250 t/an par l'Autorité de sûreté

Source : CEA et AREVA

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.	
	Durée de vie 		
	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 2007, la répartition en volume et en activité des déchets produits en France est (source Andra) :

	% en volume	% en activité
TFA et FMA-VC	89,0	inférieur à 0,03 %
FA-VL	7,2	inférieur à 0,01 %
MA-VL	3,6	5
HA-VL	0,2	95

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'en

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

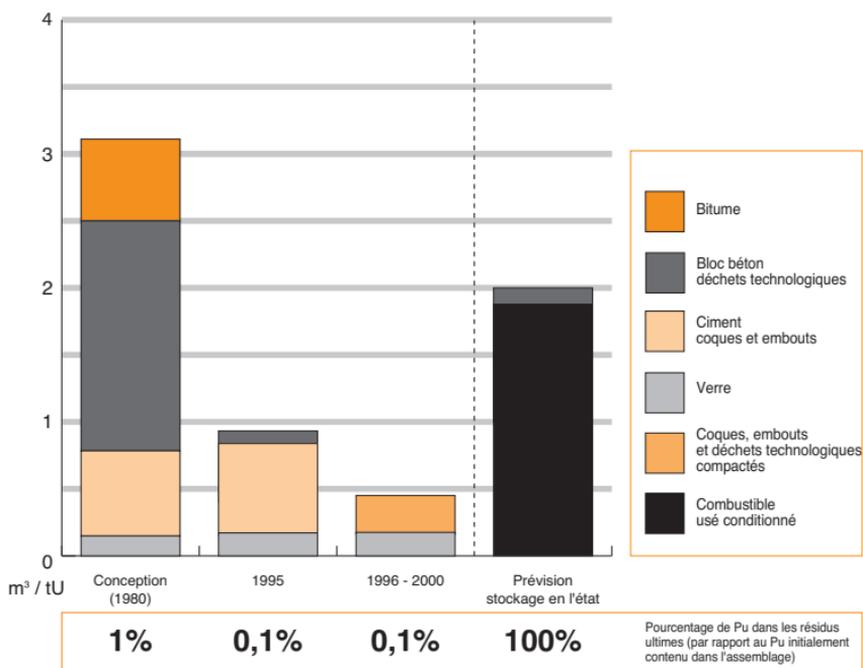
Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996

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

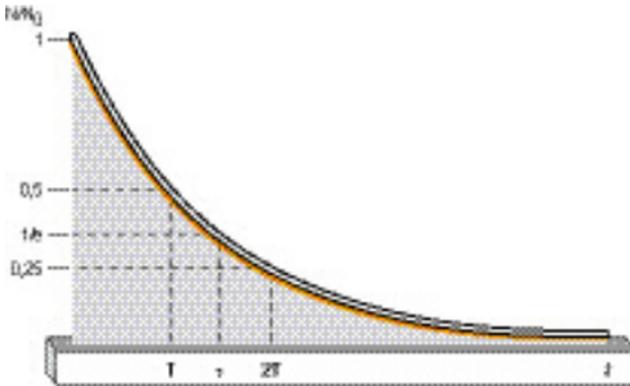
Physical units for ionizing radiation

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

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)

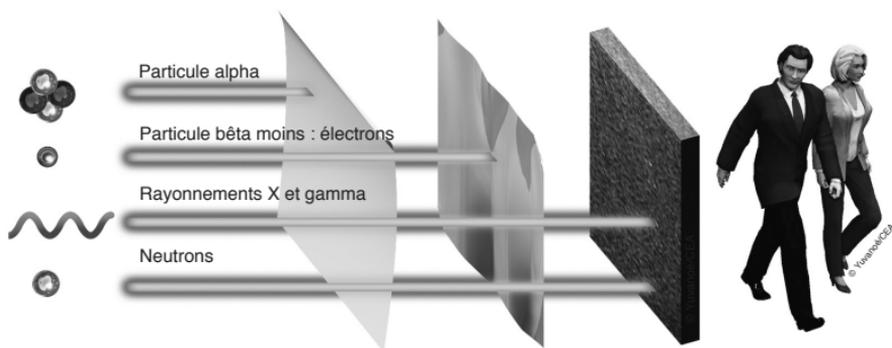
Pénétration faible. Ils parcourent quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons.

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.

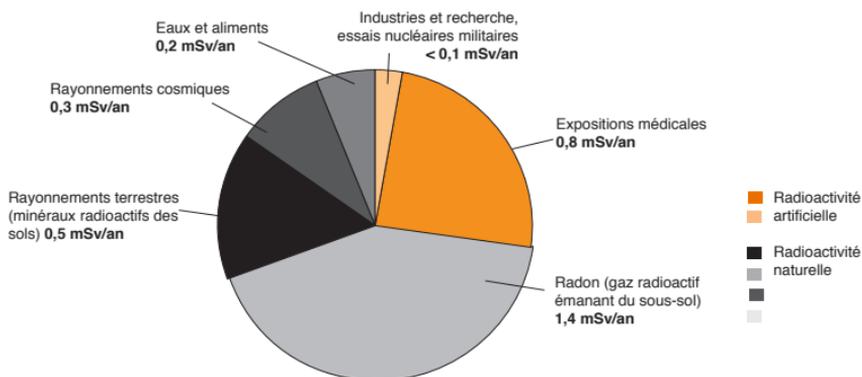


Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles) Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)

Radioactivité	Origine	Provenance	Type de rayonnement prédominant	Dose ⁽¹⁾ exprimée en mSv/an
naturelle	Cosmique	Soleil, étoiles, galaxies	γ , neutrons, particules lourdes	0,3 <small>(niveau de la mer)</small>
	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

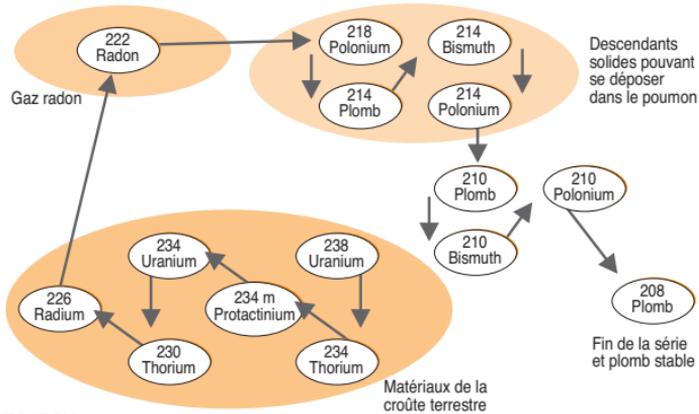
Exposition aux rayonnements ionisants de la population en France Doses annuelles (mSv/an) - Total : 3,3 mSv/an par personne en moyenne



Source : Estimation 2005 - IRSN

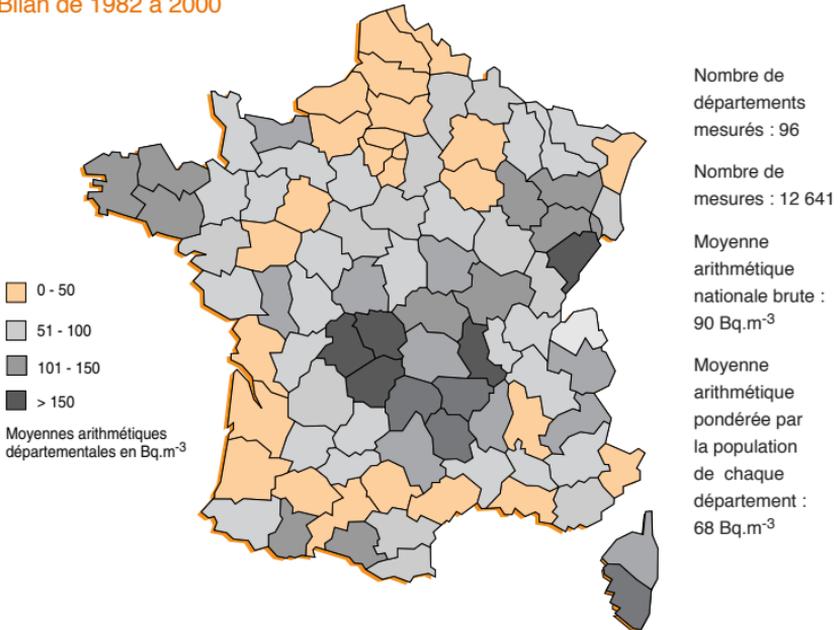
Le radon

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 : UNSCEAR

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 utilisé 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

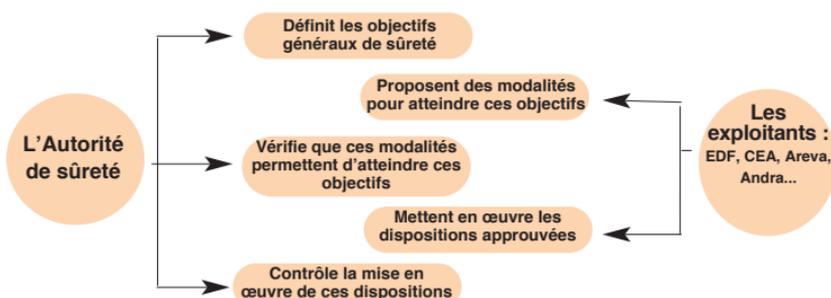
L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est une autorité administrative indépendante chargée de contrôler l'ensemble des activités nucléaires exercées en France dans le domaine civil.

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



Source : ASN

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

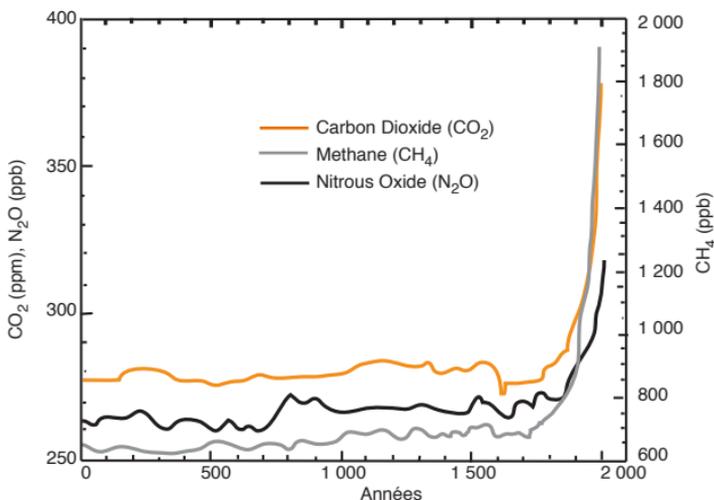
Qu'est-ce que l'effet de serre ?

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)

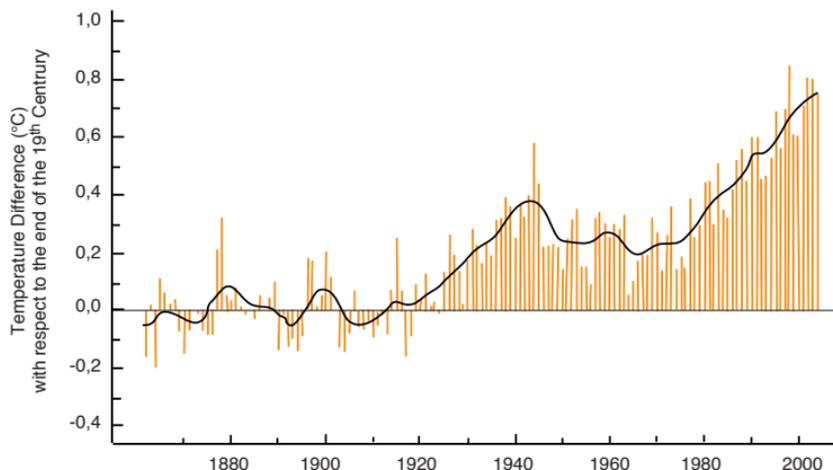


ppm = partie par million
ppb = partie par milliard (billion en anglais)

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

Variation de la température moyenne de la surface terrestre par rapport à 1861 Change in average surface temperature compared to 1861



Source : Hadley Center for Climate Prediction and Research

Prévisions en fonction des scénarios RCP* du GIEC des augmentations de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre et du niveau de la mer par rapport au niveau pré-industriel (°C)

Estimations according to IPCC RCP* scenarios of the global average Earth's surface temperature and sea level increasing compared to pre-industrial level (°C)

Variable	Scénario	2046-2065		2081-2100	
		Moyenne	Fourchette probable	Moyenne	Fourchette probable
Hausse des températures moyennes mondiales à la surface de la Terre (°C)	RCP 2.6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP 4.5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP 6.0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP 8.5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
Elévation du niveau moyen mondial de la mer (cm)	RCP 2.6	24	17-32	40	26-55
	RCP 4.5	26	19-33	47	32-63
	RCP 6.0	25	18-32	48	33-63
	RCP 8.5	30	22-38	63	45-82

Caractéristiques principales des RCP*

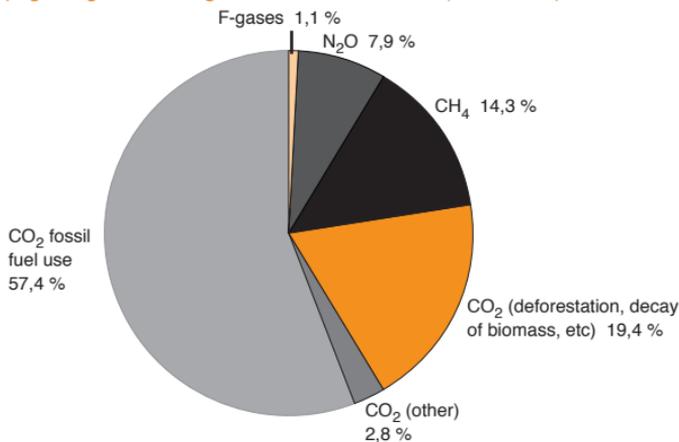
Nom du scénario	Forçage radiatif (par rapport à 1750)	Concentration en GES (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	> 8,5 W/m ² en 2100	> 1 370 ppm CO ₂ e en 2100	croissante
RCP 6.0	~ 6 W/m ² avec stabilisation après 2100	~ 850 ppm en CO ₂ e avec stabilisation après 2100	stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~ 4,5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

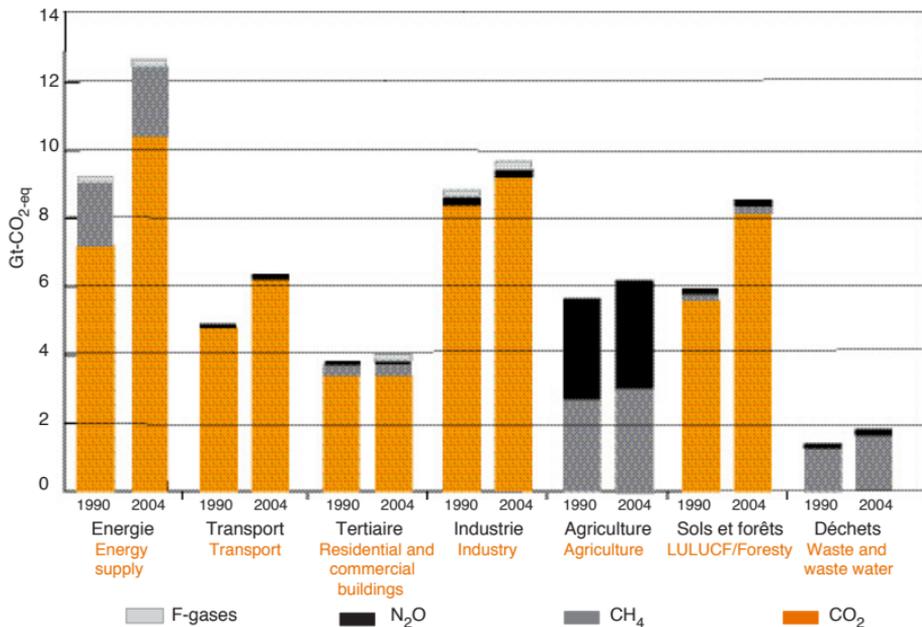
Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique en 2004 (GIEC 2007)

World anthropogenic greenhouse gases emissions in 2004 (IPCC 2007)



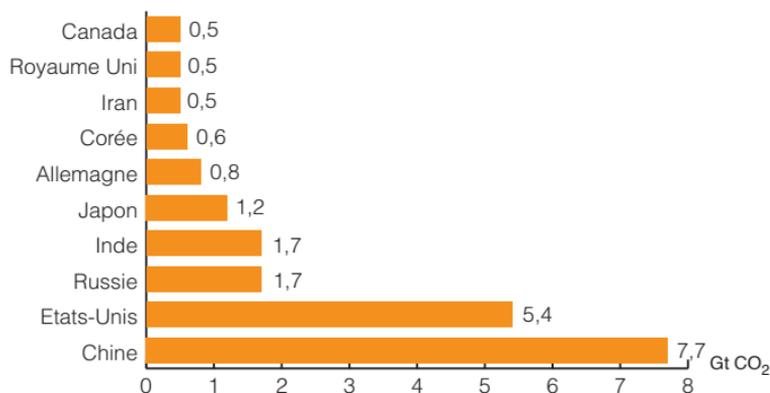
Emissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2004 (GIEC 2007)

Green House Gases emissions by sector in 1990 and 2004 (IPCC 2007)



Les plus gros émetteurs de CO₂ en 2010

The 10 biggest CO₂ emitters in 2010



Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd. 2012

Emissions types de la production électrique (Valeurs pour les kWh d'EDF*)

Filières	Emissions** (g équiv. CO ₂ /kWh)
Eoliennes ***	11
Nucléaire	4
Hydraulique fil de l'eau	6
Hydraulique retenue	6
Hydraulique pompage	138
TAC (turbine à combustion)	1 179
Diesels	907
Charbon 600 MW (avec désulfuration)	999
Fioul	1 434
Charbon 250 MW (sans désulfuration)	1 090
CCG***	486

* Résultats issus d'études ACV

** Les émissions considérées sont les principaux gaz contribuant à l'effet de serre. La pondération par leur potentiel de réchauffement global respectif, à horizon 100 ans, permet d'obtenir l'indicateur exprimé en équivalent CO₂.

*** Les valeurs retenues sont celles publiées par EcoInvent.

Source : Profil Environnemental du kWh EDF ; coefficients 2011 utilisés pour les calculs de l'année 2013 sur www.edf.fr

Principaux évènements sur les changements climatiques

Au niveau mondial,

- 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
- Février 2005 : entrée en vigueur du protocole de Kyoto
- Octobre 2006 : parution du rapport Stern
- Novembre 2007 : parution du 4^e rapport du GIEC
- Décembre 2007 : au cours des négociations de l'ONU à Bali, accord sur une feuille de route pour les deux années à venir pour préparer le cadre post-2012
- Décembre 2008 : autre étape préparatoire à Poznan des futures négociations de l'ONU à Copenhague visant à établir un nouvel accord post-Kyoto
- Décembre 2009 et janvier 2010 : négociations de Copenhague, annonce, par certains pays (dont tous ceux de l'Annexe 1), d'objectifs non contraignants de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour 2020 et, par d'autres, de plans d'actions domestiques
- Décembre 2012 : décision de l'ONU à Doha d'une deuxième période du protocole de Kyoto
- Septembre 2013 : parution du volume 1 du 5^e rapport du GIEC

Au niveau européen,

- Juin 2000 : lancement du Programme européen sur les changements climatiques (PECC)
- Janvier 2005 : entrée en vigueur du système européen d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (EU-ETS)
- Octobre 2005 : lancement du second programme européen sur le changement climatique (PECC II)
- Janvier 2007 : annonce par la Commission Européenne d'un objectif à l'horizon 2020 de 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec une augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique, et une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale, dont 10 % de biocarburants dans la consommation totale des véhicules
- Janvier 2008 : présentation par la Commission européenne d'une proposition de mise en œuvre des mesures annoncées en 2007 (Paquet énergie-climat)
- Décembre 2008 : adoption du Paquet-énergie-climat en codécision par le Conseil et le Parlement européen.

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).

La Conférence de Kyoto

Dans le prolongement de la Conférence de Rio de Janeiro de 1992 sur l'environnement et le développement (CNUED), 159 pays se sont réunis, dans le cadre de l'ONU à Kyoto du 2 au 11 décembre 1997, pour adopter un protocole international de lutte contre les changements climatiques attendus.

Les pays dits de « l'annexe B » se sont engagés à une réduction globale de 5,5 % de leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 pendant la période allant de 2008 à 2012. Les objectifs différenciés par pays (voir tableau ci-dessous pour l'Europe) couvrent six gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O),

ainsi que trois substituts des chlorofluorocarbures (CFC, interdits par le protocole de Montréal sur la production de la couche d'ozone) : l'hydrofluorocarbure (HFC), le perfluorocarbure (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆). Les pays en voie de développement ne sont pas concernés par ces engagements chiffrés.

« L'annexe B » est issu de « l'annexe 1 » de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques (New York 1992) signée à Rio la même année.

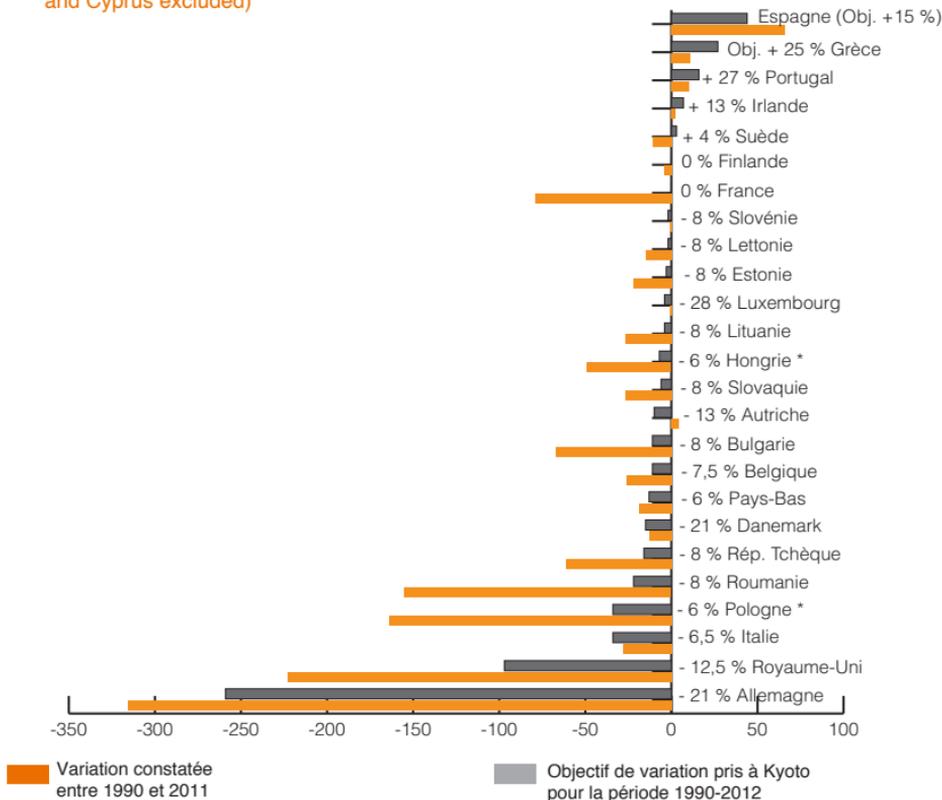
Le protocole ne pouvait entrer en vigueur qu'à la condition qu'il ait été ratifié par au moins 55 pays représentant au moins 55 % du volume total des émissions de dioxyde de carbone en 1990 de l'ensemble des pays figurant dans « l'annexe B ». Aujourd'hui, les Etats-Unis restent le seul pays développé de l'Annexe B à ne pas l'avoir ratifié.

Par suite de l'adhésion de la Russie en novembre 2004, le Protocole de Kyoto prévoit, pour les pays, la possibilité de recourir à des mécanismes dits « de flexibilité », en complément des politiques et mesures qu'ils devront mettre en œuvre au plan national.

Voir <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE-27 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

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays d'Europe vis-à-vis du Protocole de Kyoto

Situation of greenhouse gas emissions for Europe countries towards Kyoto Protocol

Pays Country	Emissions 1990 (Mt CO ₂ éq) 1990 emissions	Objectif 2008-2012 par rapport à l'année de référence (%) 2008-2012 target compared to reference year	Emissions maximales en 2012 (Mt CO ₂ équiv) 2012 maximum emissions	Emissions 2008 2008 emissions	Situation 2011 par rapport à l'année de référence (%) Situation 2011 compared to reference year
Allemagne Germany	1 232	- 21	973	958,1	- 24,1
Autriche Austria	78	- 13	68	86,6	5,4
Belgique Belgium	143	- 7,5	133	133,3	- 11,5
Danemark Denmark	69	- 21	54	63,8	- 12,9
Espagne Spain	285	15	328	405,7	27,9
Finlande Finland	70	0	70	70,1	- 2,0
France	563	0	563	527	- 8,2
Grèce Greece	103	25	129	126,9	15,2
Irlande Ireland	55	13	62	67,4	11,5
Italie Italy	517	- 6,5	483	541,5	- 1,9
Luxembourg	13	- 28	9	12	- 9,0
Pays-Bas Netherlands	212	- 6	199	206,9	- 5,0
Portugal	59	27	75	78,4	21,7
Royaume-Uni UK	772	- 12,5	675	628,2	- 24,7
Suède Sweden	72	4	75	64	- 12,6
Communauté européenne 15 European Community 15	4 245	- 8	3 905	3 970	- 11,0
Bulgarie * Bulgaria *	117	- 8	108	73,5	- 51,6
Chypre ** Cyprus **	5	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	10,2	-
Estonie	41	- 8	38	20,3	- 54,5
Hongrie * Hungary *	97	- 6	92	73,1	- 40,8
Lettonie Latvia	27	- 8	25	11,9	- 54,7
Lituanie Lithuania	50	- 8	46	24,3	- 56,2
Malte ** Malta **	2	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	3	-

Source: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe EEA 2012

Pays Country	Emissions 1990 (Mt CO ₂ éq) 1990 emissions	Objectif 2008-2012 par rapport à l'année de référence (%) 2008-2012 target compared to reference year	Emissions maximales en 2012 (Mt CO ₂ équiv) 2012 maximum emissions	Emissions 2008 2008 emissions	Situation 2011 par rapport à l'année de référence (%) Situation 2011 compared to reference year
Pologne * Poland *	453	- 6	426	395,6	- 29,3
Rép. Tchèque Czech Republic	195	- 8	180	141,4	- 28,1
Roumanie * Romania *	242	- 8	223	145,9	-53,7
Slovaquie Slovak Republic	74	- 8	68	48,8	- 35,4
Slovénie * Slovenia *	19	- 8	17	21,3	- 1,8
Union européenne 27 ** European Union 27**	5 567	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	4 939	-
Croatie Croatia	31	- 5	30	31	- 5,6
Islande Iceland	3	10	4	5	- 1,5
Liechtenstein	0	- 8	0	0	8,4
Norvège Norway	50	1	50	54	6,8
Suisse Switzerland	53	- 8	49	53	- 0,2
Turquie Turkey	187	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	367	-

* Certains pays en transition utilisent des années de référence autres que 1990: Bulgarie (1988), Hongrie (1985-1987), Pologne (1988), Roumanie (1989), Slovénie (1986).

* Some transition countries use different years of reference than 1990: Bulgaria (1988), Hungary (1985-1987), Poland (1988), Roumania (1989), Slovenia (1986).

** L' EU 27, Chypre, Malte et la Turquie n'ont pas d'objectif vis-à-vis du Protocole de Kyoto et donc aucune année légale de référence. Dans ce tableau, les émissions de 1990 servent d'émissions de référence pour eux.

** The EU 27, Cyprus, Malta and Turkey have no target under the Kyoto Protocol, and therefore no legal base year. In this table, 1990 emissions are used as reference emissions for them.

Source: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe EEA 2012

Monde : évolution des émissions de CO₂ *

World: evolution of CO₂ emissions *

Mt CO ₂ Mt of CO ₂	1971	1980	1990	2000	2010	%/an 1971 2010 %/year	%/an 1990- 2010 %/year	% 1990- 2010 %
Amérique OCDE (1) <i>OECD America (1)</i>	4 735	5 456	5 605	6 593	6 408	0,8	0,7	14,3
dont Etats-Unis <i>of which USA</i>	4 275	4 763	4 860	5 676	5 415	0,6	0,5	11,4
Amérique latine <i>Latin America</i>	350	552	602	820	1 083	2,9	3,0	79,9
dont Brésil <i>of which Brazil</i>	94	190	205	310	398	3,8	3,4	94,2
Europe OCDE (2) <i>OECD Europe (2)</i>	3 728	4 223	4 038	4 000	3 927	0,1	-0,1	-2,8
Union européenne 27 <i>European Union 27</i>	-	-	4 133	3 873	3 710		-0,5	-10,2
dont France <i>of which France</i>	435	473	367	361	361	-0,5	-0,1	-1,7
Europe non-OCDE et Eurasie (3) <i>Non OECD-Europe and Eurasia (3)</i>	2 616	3 618	4 183	2 503	2 729	0,1	-2,1	-34,8
Moyen-Orient <i>Middle East</i>	111	308	548	914	1 505	6,9	5,2	174,6
Afrique <i>Africa</i>	246	404	603	735	1 029	3,7	2,7	70,9
Asie <i>Asia</i>	1 316	2 231	3 705	5 259	11 098	5,6	5,6	199,5
dont Chine <i>of which China</i>	877	1 504	2 402	3 091	7 711	5,7	6,0	221,0
dont Inde <i>of which India</i>	199	284	591	974	1 665	5,6	5,3	181,9
OCDE Asie Océanie (5) <i>OECD Asia Oceania (5)</i>	999	1 291	1 632	2 066	2 225	2,1	1,6	36,4
Monde <i>World</i>	14 612	18 630	21 532	23 729	31 102	2,0	1,9	44,4
dont OCDE <i>of which OECD</i>	9 462	10 970	11 275	12 660	12 560	0,7	0,5	11,4
dont soutes maritimes <i>of which marine bunkers</i>	344	348	363	489	644	1,6	2,9	77,6
dont soutes aéronautiques <i>of which aviation bunkers</i>	167	200	255	350	455	2,6	2,9	78,3

* Selon la méthode de référence par l'AIE (cf source) *According to the reference method considered by the IEA.*

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique - *USA, Canada, Chile & Mexico*

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - *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*

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - *Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzégovine, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan*

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - *Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand*

Source : CO₂ Emission from fuel combustion, AIE, éd. 2012

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	1971	1980	1990	2000	2010
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	16,4	16,2	15,0	15,5	13,6
dont Etats-Unis of which USA	20,7	20,5	19,5	20,2	17,3
Amérique non OCDE Non OECD America	1,5	1,9	1,7	2,0	2,3
dont Brésil of which Brazil	0,9	1,5	1,3	1,7	2,0
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	8,1	8,7	7,9	7,6	7,0
Union européenne ²⁷ European Union ²⁷	-	-	8,6	7,9	7,3
dont France of which France	8,2	8,4	6,1	6,2	5,5
Europe non-OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	7,5	10,6	11,6	7,1	7,7
Moyen Orient Middle East	1,5	3,5	4,4	5,7	7,6
Afrique Africa	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9
Asie hors Chine Asia exclusive of China	0,4	0,6	0,8	1,1	1,5
dont Inde of which India	0,4	0,4	0,7	1,0	1,4
Chine China	1,0	1,4	2,0	2,4	5,4
OCDE Asie Océanie ⁽⁴⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁴⁾	6,3	7,1	8,4	10,1	10,4
Monde World	3,7	4,1	4,0	3,9	4,4
OCDE OECD	10,5	10,9	10,5	11,0	10,1

(1) Etats-Unis, Canada, Chili & Mexique USA, Canada, Chile & Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(3) Albanie, Bulgarie, Chypre, Gibraltar, Malte, Roumanie, Bosnie - Herzégovine, Croatie, République de Macédoine, Serbie, Slovénie Albania, Bulgaria, Cyprus, Gibraltar, Malta, Romania, Bosnia - Herzegovina, Croatia, FYR of Macedonia, Serbia, Slovenia

(4) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(5) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand
Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2012

Monde : émissions de CO₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles

World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels

kg CO ₂ / US\$2005 selon PPA kg CO ₂ / US\$ using 2005 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2010
Amérique OCDE ⁽¹⁾ OECD America ⁽¹⁾	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4
dont Etats-Unis of which USA	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
Amérique non OCDE Non OECD America	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
dont Brésil of which Brazil	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
Union européenne 27 European Union 27	-	-	0,4	0,3	0,3
dont France of which France	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
Europe non OCDE et Eurasie ⁽³⁾ Non-OECD Europe and Eurasia ⁽³⁾	1,3	1,2	1,3	1,1	0,7
Moyen Orient Middle East	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7
Afrique Africa	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
Asie hors Chine Asia exclusive of China	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
dont Inde of which India	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
Chine China	2,4	2,4	1,6	0,9	0,8
OCDE Asie Océanie ⁽⁵⁾ OECD Asia Oceania ⁽⁵⁾	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
Monde World	74,0	0,7	0,6	0,5	0,4
OCDE OECD	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

(1) Etats-Unis, Canada, Chili et Mexique USA, Canada, Chile and Mexico

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, Suisse, Turquie - 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

(3) Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnie - Herzégovine, Bulgarie, Chypre, Croatie, Georgie, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Lettonie, Lituanie, Malte, République de Moldavie, Roumanie, République de Macédoine, Russie, Serbie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan - Albania, Armenia, Azerbaïdjan, Belarus, Bosnia - Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Gibraltar, Kazakhstan, Kirghizstan, Latvia, Lithuania, FYR of Macedonia, Malta, Republic of Moldova, Romania, Russia, Serbia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

(4) Australie, Israël, Japon, Corée et Nouvelle Zélande - Australia, Israël, Japan, Korea & New Zealand
Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2012

Principaux gaz à effet de serre

Main Greenhouse gases

Vapeur d'eau (H₂O)

Dioxyde de carbone (CO₂)

Méthane (CH₄)

Oxyde nitreux (N₂O)

Chlorofluorocarbones (CFC)

Ozone troposphérique (O₃)

Union européenne : émissions de CO₂ par habitant provenant des combustibles fossiles
 European Union: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

t CO ₂ /habitant	t CO ₂ /capita	1971	1980	1990	2000	2010
Allemagne	Germany	12,5	13,5	12,0	10,0	9,3
Autriche	Austria	6,5	7,4	7,4	7,7	8,3
Belgique	Belgium	12,1	12,8	10,8	11,6	9,8
Bulgarie	Bulgaria	7,4	9,5	8,6	5,2	5,8
Chypre	Cyprus	2,9	5,1	6,6	9,1	9,0
Danemark	Denmark	11,1	12,2	9,8	9,5	8,5
Espagne	Spain	3,5	5,0	5,3	7,1	5,8
Estonie	Estonia	-	-	22,8	10,7	13,8
Finlande	Finland	8,6	11,5	10,9	10,5	11,7
France		8,2	8,4	6,1	6,2	5,5
Grèce	Greece	2,8	4,6	6,8	8,0	7,5
Hongrie	Hungary	5,8	7,8	6,4	5,3	4,9
Irlande	Ireland	7,3	7,6	8,5	10,7	8,6
Italie	Italy	5,4	6,4	7,0	7,5	6,6
Lettonie	Latvia	-	-	7,0	2,9	3,6
Lituanie	Lithuania	-	-	9,0	3,2	4,0
Luxembourg		45,1	32,8	27,3	18,5	21,0
Malte	Malta	2,0	2,7	6,4	5,4	6,0
Pays-Bas	Netherlands	9,8	11,8	10,4	10,8	11,3
Pologne	Poland	8,7	11,6	9,0	7,6	8,0
Portugal		1,7	2,4	3,9	5,8	4,5
Rep. Tchèque	Czech Republic	15,4	16,1	15,0	11,9	10,9
Rep. Slovaque	Slovak Republic	8,6	11,1	10,7	6,9	6,5
Roumanie	Romania	5,6	7,9	7,2	3,8	3,5
Royaume-Uni	United Kingdom	11,2	10,1	9,6	8,9	7,8
Slovénie	Slovenia	-	-	6,3	7,1	7,5
Suède	Sweden	10,2	8,8	6,2	6,0	5,1
UE 27	EU 27			8,6	7,9	7,3
Canada		115,5	17,4	15,6	17,4	15,7
Chine	China	1,0	1,4	2,0	2,4	5,4
Etats-Unis	United States	20,7	20,5	19,5	20,2	17,3
Japon	Japan	7,2	7,5	8,6	9,3	9,0

Source : CO₂ emissions from fuel combustion, AIE éd 2012

Europe : émissions de CO₂ par unité de PIB provenant des combustibles fossiles

Europe: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels

kg CO ₂ /US\$2005 selon PPA kg CO ₂ /US\$ using 2005 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2010
Allemagne Germany	0,8	0,7	0,5	0,3	0,3
Autriche Austria	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2
Belgique Belgium	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3
Bulgarie Bulgaria	2,2	1,6	1,1	0,7	0,5
Chypre Cyprus	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4
Danemark Denmark	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3
Espagne Spain	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Estonie Estonia	-	-	2,2	0,9	0,8
Finlande Finland	0,7	0,7	0,5	0,4	0,4
France	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
Grèce Greece	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Hongrie Hungary	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3
Irlande Ireland	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2
Italie Italy	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
Lettonie Latvia	-	-	0,7	0,3	0,3
Lituanie Lithuania	-	-	0,7	0,3	0,3
Luxembourg	1,9	1,2	0,6	0,3	0,3
Malte Malta	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
Pays-Bas Netherlands	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3
Pologne Poland	1,2	1,3	1,1	0,6	0,5
Portugal	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Rép. Tchèque Czech Republic	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5
Rép. Slovaque Slovak Republic	0,9	1,0	0,9	0,6	0,3
Roumanie Romania	1,5	1,0	0,9	0,6	0,3
Royaume-Uni UK	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2
Slovénie Slovenia	-	-	0,4	0,4	0,3
Suède Sweden	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2
UE 27 EU 27	-	-	0,4	0,3	0,3
Canada	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5
Chine China	2,4	2,4	1,6	0,9	0,8
Etats-Unis United States	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
Japon Japan	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3

Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2012

Europe : émissions de CO₂ par kWh dans le secteur de l'électricité et de la chaleur
 Europe: CO₂ emissions per kWh from electricity and heat generation

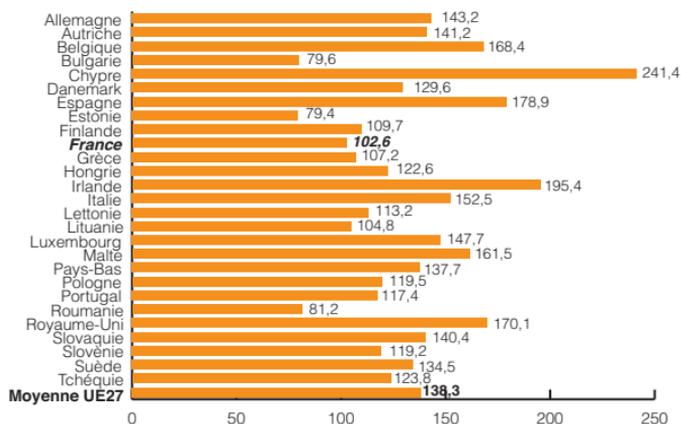
grammes CO ₂ /kWh	1971*	1981*	1990	1995	2000	2005	2010
Allemagne <i>Germany</i>	840	696	607	581	522	486	461
Autriche <i>Austria</i>	359	236	238	206	170	218	188
Belgique <i>Belgium</i>	863	572	347	361	291	275	220
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	709	632	886	675	545	567	579
Chypre <i>Cyprus</i>	-	-	838	822	838	793	702
Danemark <i>Denmark</i>	794	690	668	587	449	369	360
Espagne <i>Spain</i>	373	635	427	453	430	397	238
Estonie <i>Estonia</i>	-	-	932	1 062	1 063	1 048	1 014
Finlande <i>Finland</i>	296	195	188	223	173	164	229
France	539	309	105	73	75	79	79
Grèce <i>Greece</i>	674	806	990	946	820	779	718
Hongrie <i>Hungary</i>	728	696	496	512	469	372	317
Irlande <i>Ireland</i>	1 088	710	740	727	642	584	458
Italie <i>Italy</i>	463	533	575	545	498	486	406
Lettonie <i>Latvia</i>	-	-	205	221	230	161	227
Lituanie <i>Lithuania</i>	-	-	338	199	233	229	548
Luxembourg	2 402	1 853	2 552	1 738	528	389	410
Malte <i>Malta</i>	-	-	1 587	957	819	1 034	872
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	648	614	607	546	477	454	415
Pologne <i>Poland</i>	560	631	988	905	866	818	781
Portugal	276	443	519	576	486	521	255
Rép. Tchèque <i>Czech Republic</i>	896	747	744	794	728	614	589
Rép. Slovaque <i>Slovak Republic</i>	473	427	389	364	245	221	197
Roumanie <i>Romania</i>	505	414	1373	991	749	629	499
Royaume-Uni <i>UK</i>	9 912	798	672	529	472	491	457
Slovénie <i>Slovenia</i>	-	-	362	326	343	349	325
Suède <i>Sweden</i>	138	47	12	22	22	19	30
UE 27 EU 27	-	-	585	521	470	466	429
Canada	217	183	205	184	222	200	186
Chine <i>China</i>	-	-	894	906	865	863	766
Etats-Unis <i>United States</i>	765	708	582	590	593	574	522
Japon <i>Japan</i>	602	489	435	412	402	431	416

* Les données proviennent de l'édition 2002 de CO₂ emissions from fuel combustion publié par l'AIE.
 Source : CO₂ Emissions from Fuel combustion, AIE éd 2012

DONNÉES ÉCONOMIQUES

Prix HT € / MWh 2 ^e semestre 2012	
Allemagne	143,2
Autriche	141,2
Belgique	168,4
Bulgarie	79,6
Chypre	241,4
Danemark	129,6
Espagne	178,9
Estonie	79,4
Finlande	109,7
France	102,6
Grèce	107,2
Hongrie	122,6
Irlande	195,4
Italie	152,5
Lettonie	113,2
Lituanie	104,8
Luxembourg	147,7
Malte	161,5
Pays-Bas	137,7
Pologne	119,5
Portugal	117,4
Roumanie	81,2
Royaume-Uni	170,1
Slovaquie	140,4
Slovénie	119,2
Suède	134,5
Tchéquie	123,8
Moyenne UE 27	138,3

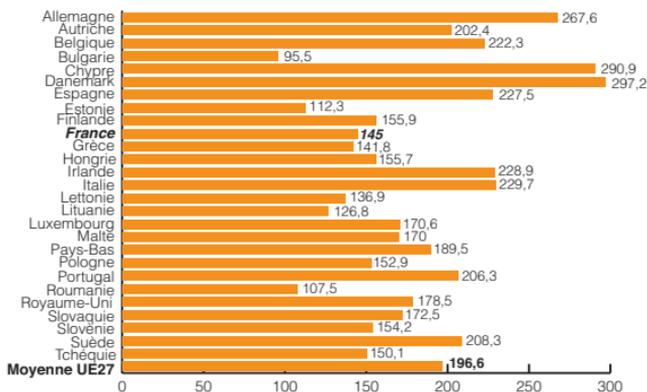
Prix HT / MWh de l'électricité
à usage domestique pour le 2^e semestre 2012



Source : Eurostat

Prix TTC € / MWh 2 ^e semestre 2012	
Allemagne	267,6
Autriche	202,4
Belgique	222,3
Bulgarie	95,5
Chypre	290,9
Danemark	297,2
Espagne	227,5
Estonie	112,3
Finlande	155,9
France	145
Grèce	141,8
Hongrie	155,7
Irlande	228,9
Italie	229,7
Lettonie	136,9
Lituanie	126,8
Luxembourg	170,6
Malte	170
Pays-Bas	189,5
Pologne	152,9
Portugal	206,3
Roumanie	107,5
Royaume-Uni	178,5
Slovaquie	172,2
Slovénie	154,2
Suède	208,3
Tchéquie	150,1
Moyenne UE 27	196,6

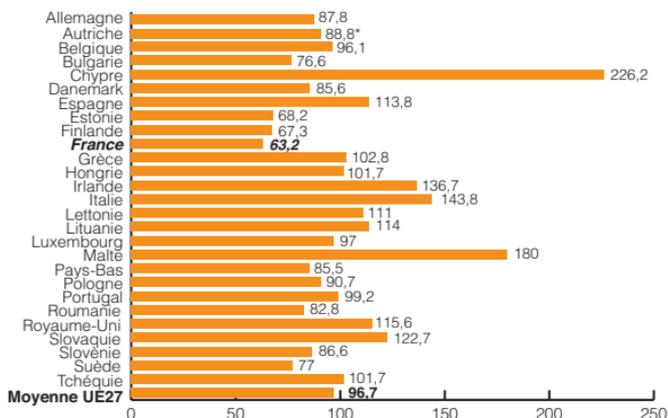
Prix TTC / MWh de l'électricité
à usage domestique pour le 2^e semestre 2012



Source : Eurostat

Prix HT / MWh de l'électricité
à usage industriel au 2^e semestre 2012

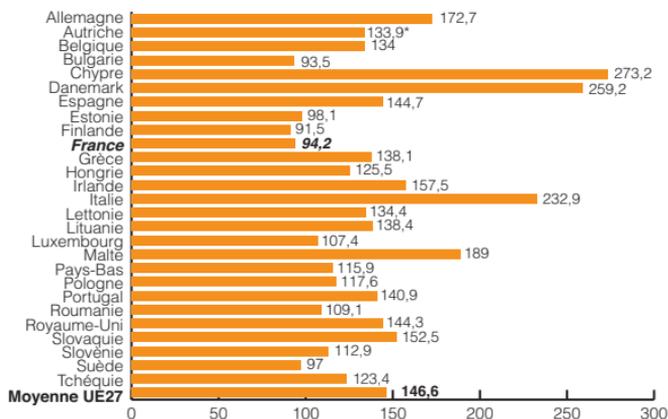
Prix HT € / MWh 2 ^e semestre 2012	
Allemagne	87,8
Autriche	88,8*
Belgique	96,1
Bulgarie	76,6
Chypre	226,2
Danemark	85,6
Espagne	113,8
Estonie	68,2
Finlande	67,3
France	63,2
Grèce	102,8
Hongrie	101,7
Irlande	136,7
Italie	143,8
Lettonie	111
Lituanie	114
Luxembourg	97
Malte	180
Pays-Bas	85,5
Pologne	90,7
Portugal	99,2
Roumanie	82,8
Royaume-Uni	115,6
Slovaquie	122,7
Slovénie	86,6
Suède	77
Tchéquie	101,7
Moyenne UE 27	96,7



* Provisoire - Provisory
Source : Eurostat

Prix TTC € / MWh 2 ^e semestre 2012	
Allemagne	172,7
Autriche	133,9*
Belgique	134
Bulgarie	93,5
Chypre	273,2
Danemark	259,2
Espagne	144,7
Estonie	98,1
Finlande	91,5
Finlande	91,5
France	94,2
Grèce	138,1
Hongrie	125,5
Irlande	157,5
Italie	232,9
Lettonie	134,4
Lituanie	138,4
Luxembourg	107,4
Malte	189
Pays-Bas	115,9
Pologne	117,6
Portugal	140,9
Roumanie	109,1
Royaume-Uni	144,3
Slovaquie	152,5
Slovénie	112,9
Suède	97
Tchéquie	123,4
Moyenne UE 27	146,6

Prix TTC / MWh de l'électricité
à usage industriel au 2^e semestre 2012



* Provisoire - *Provisory*

Source : Eurostat

Exemples de prix moyens des énergies en France

Examples of average prices of energy in France

Prix en monnaie courante Price in legal currency	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012
Exemples de prix de l'électricité Examples of Electricity prices							
Domestique Residential Prix de 100 kWh, en € TTC, simple tarif, selon la puissance souscrite : Price of 100 kWh in € including taxes, simple tariff depending on the subscribed power							
3 kVA	12,53	13,43	12,51	12,9	10,84	11,61	11,97
> 3 kVA	10,6	11,53	10,28	10,57	10,89	11,67	12,05
Industriel Industrial Prix de 100 kWh, en € HTVA, tarif bleu, selon période Price of 100 kWh in € excluding taxes, blue tariff, depending on time period							
Heures pleines	9,06	9,65	8,58	8,83	9,43	10,2	10,52
Heures creuses	5,14	5,49	5,26	5,38	6,05	7,21	7,47
Exemples de prix du gaz (Proche banlieue parisienne hors Paris) Examples of gas prices (Paris suburbs area excluding Paris)							
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	5,28	4,97	5,15	6,36	8,32	9,14	9,66
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	1,97	2,02	2,11	2,74	4,09	4,61	5,11
Été Summer	1,52	1,56	1,64	2,21	2,63	3,15	3,65
Exemples de prix du fioul (moyenne France entière) Examples of fuel oil prices (France average)							
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"	3,41	3,06	4,64	5,89	7,18	8,9	9,72
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	1,02	0,99	1,55	1,96	nd	nd	nd
BTS Low percentage	nd	1,04	1,76	2,23	nd	nd	nd
TBTS Very low percentage	nd	1,12	1,92	2,39	3,72	4,72	5,42
Exemples de prix du charbon (région parisienne) Examples of coal prices (Paris area)							
Domestique Residential Prix moyen de 100 kWh PCI, en € TTC, pour une livraison de 1 à 2 t Average price for 100 kWh NCV, in € including taxes, for a delivery from 1 to 2 t							
Anthracite 30/50 (PCI: 8,44 kWh/kg)	-	-	-	6,74	nd	nd	nd
Anthracite 30/50 (NCV: 8,44 kWh/kg)							
Industriel Industrial Prix moyen de 100 kWh PCI, en € HTVA Average price for 100 kWh NCV, in € excluding taxes							
Flambant gras A, grains 6/10 (PCI: 8,48 kWh/kg)	1,37	1,41	1,47	nd	nd	nd	nd
Anthracite 0,6 (NCV: 8,48 kWh/kg)							

(1) Pouvoir Calorifique Supérieur Gross Calorific Value

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

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

Source : base de données internet Pégase 2013, Observatoire de l'énergie

Tarifs d'achat français de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération

Filière	Arrêtés	Durée des contrats	Exemple de tarifs pour les nouvelles installations
Hydraulique	01/03/07	20 ans	<ul style="list-style-type: none"> • 6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 c€/kWh pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production • 15 c€/kWh pour énergie hydraulique des mers (houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique)
Biogaz	19/05/11	15 ans	entre 8,121 et 9,745 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh
Méthanisation	19/05/11	15 ans	entre 11,19 et 13,37 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh et une prime pour le traitement d'effluent d'élevage comprise entre 0 et 2,6 c€/kWh
Energie éolienne	17/11/08	15 ans (terrestre)	• éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites
	(en mer)	20 ans	• éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Energie éolienne avec dispositif de lissage & prévision de la production dans les zones particulièrement exposées au risque cyclonique	08/03/13	15 ans	23 c€/kWh pendant 10 ans puis entre 5 et 23 c€/kWh selon les sites
Energie photovoltaïque	04/03/11	20 ans	Tarifs applicables aux projets dont la demande de raccordement a été envoyée avant le 1 ^{er} juillet 2011 : <ul style="list-style-type: none"> • installations intégrées au bâti : 46 c€/kWh ; 40,6 ; 40,25 ou 35,2 selon l'usage du bâtiment et la puissance de l'installation • installations intégrées simplifiées au bâti : 30,35 ou 28,85 c€/kWh • autres installations : 12 c€/kWh
			Tarifs applicables aux projets dont la demande de raccordement est envoyée entre le 1 ^{er} juillet et le 30 septembre 2011 : <ul style="list-style-type: none"> • installations intégrées au bâti : 42,55 c€/kWh ; 37,23 ; 36,74 ou 31,85 selon l'usage du bâtiment et la puissance de l'installation • installations intégrées simplifiées au bâti : 26,09 ou 27,46 c€/kWh • autres installations : 11,688 c€/kWh
Géothermie	23/07/10	15 ans	Métropole (resp. DOM) : 20 c€/kWh (resp. 13) + prime à l'efficacité énergétique entre 0 et 8 c€/kWh (resp. 0 et 3)
Cogénération	31/07/01	12 ans	6,1 à 9,15 c€/kWh en fonction du prix du gaz, de la durée de fonctionnement et de la puissance
Combustion de matières non fossiles végétales et animales	27/01/11	20 ans	4,34 c€/kWh + prime entre 7,71 et 12,53 c€/kWh selon critères de puissance, de ressources utilisées et d'efficacité énergétique. Son niveau est calculé en fonction de cette dernière
Déchets ménagers sauf biogaz	02/10/01	15 ans	4,5 à 5 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 0,3 c€/kWh
Autres installations de puissance inférieure à 36 kVA	13/03/02	15 ans	7,87 à 9,60 c€/kWh (51,6 à 63 c€/kWh) issu du tarif « bleu » aux clients domestiques

Source : MEDDE 2013

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

France: Uranium prices (Euratom average)

		1980	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011	2012
Prix moyen pondéré des contrats à long terme Long term contracts average prices	\$/lb ⁽¹⁾	36	29,4	17,5	13,1	16,1	29,88	31,45	44,68	44,49
	€/kg ⁽²⁾	67,2	60	34,75	37	33,6	55,7	61,68	83,45	90,03
Prix moyen annuel des échanges spot Spot price	\$/lb ⁽¹⁾	35	9,7	7,7	8,1	21,2	41,83	40,53	57,52	48,33
	€/kg ⁽²⁾	65,34	19,75	15,25	22,8	44,3	77,96	79,48	107,43	97,80

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

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

Source : rapport annuel Euratom 2012

France : prix CAF des énergies importées

France: CIF prices of imported energy

Monnaie courante Legal currency	1973	1980	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Cours internationaux moyens International average price											
Brent daté (\$/bl)	-	37,83	23,65	17,04	28,52	54,41	96,99	61,48	79,44	111,22	111,7
Brent spot IPE (\$/bl)	-	-	24,87	16,97	28,45	55,09	98,4	62,17	80,2	110,83	111,68
Gaz NBP, cours spot (£/THERM)	-	-	-	-	20	41,38	61,65	32,04	43,27	61,18	61,87
NBP Gas, spot price (£/THERM)											
Gaz NBP, cours spot (US\$/Mbtu)	-	-	-	-	3,0	7,45	11,39	4,95	6,7	9,81	9,81
NBP Gas, spot price (US\$/Mbtu)											
Dollar en euro Dollar in euro	0,679	0,644	0,83	0,761	1,085	0,8	0,68	0,72	0,76	0,72	0,78
Livre en euro Pound in euro			-	-	1,64	1,46	1,26	1,12	1,17	1,15	1,23
Prix moyen à l'importation Average importation price											
CMS (€/t) SMF (€/t)	-	42,1	54,8	48,3	51,4	78,04	127,24	102,76	112,81	140,35	135,45
Pétrole brut (€/t) Crude oil	17,5	155,3	136,4	110,2	227,7	315,97	492,97	327,45	444,96	597,17	653,56
Pétrole brut (\$/bl) Crude oil	3,52	32,88	22,42	18,63	28,62	53,4	99,96	62,68	80,83	113,43	114,72
Produits pétroliers raffinés (€/t) Petroleum products (€/t)	-	159,8	172,4	141,8	277,9	375,9	558,47	369,25	493,51	636,08	725,36
Gaz naturel (€/kWh) Natural gas	0,088	0,729	0,794	0,765	1,018	1,5	2,5	1,85	1,8	2,4	2,8
Electricité exportée (€/kWh)						4,24	6,27	3,88	4,46	4,78	4,48

btu : british thermal unit - CAF: Coût Assurance Fret CIF Cost Insurance Freight

CMS : Combustibles Minéraux Solides SMF : Solid Mineral Fuels

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

Source : base de données internet Pégase 2013, Observatoire de l'énergie

GÉNÉRALITÉS

TABLEAU DE MENDELEÏEV

Tableau périodique des éléments

- métaux alcalins
- métaux alcalino-terreux
- métaux de transition
- lanthanides
- actinides
- autres métaux
- semi-métaux (métalloïdes)
- autres éléments non métalliques
- halogènes
- gaz rares

groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1 H hydrogène 1,0079											
2	3 Li lithium 6,941	4 Be béryllium 9,0122										
3	11 Na sodium 22,9898	12 Mg magnésium 24,3050										
4	19 K potassium 39,0983	20 Ca calcium 40,078	21 Sc scandium 44,9559	22 Ti titanium 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
5	37 Rb rubidium 85,4678	38 Sr strontium 87,62	39 Y yttrium 88,9058	40 Zr zirconium 91,224	41 Nb niobium 92,9064	42 Mo molybdène 95,96	43 Tc technetium [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
6	55 Cs césium 132,9054	56 Ba baryum 137,327	57-103 La-Lu lanthanides	58 Hf hafnium 178,49	59 Ta tantalum 180,948	60 W tungstène 183,84	61 Re rhenium 186,207	62 Os osmium 190,23	63 Ir iridium 192,222	64 Pt platine 195,084	65 Au or 196,9665	66 Hg mercure 200,59
7	87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]	89-103 Ac-Lr actinides	90 Rf rutherfordium [261]	91 Db dubnium [262]	92 Sg seaborgium [263]	93 Bh bohrium [264]	94 Hs hassium [277]	95 Mt meitnerium [268]	96 Ds darmstadtium [285]	97 Rg roentgenium [286]	98 Cn copernicium [284]
	2 He hélium 4,0026	10 Ne néon 20,1797										
		8 O oxygène 15,9994										
		16 S soufre 32,065										
		17 Cl chlore 35,453										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										
		10 F fluor 18,9984										
		16 O oxygène 15,9994										
		34 Se sélénium 78,96										
		52 Te tellure 127,60										
		84 Po polonium [209]										
		118 Xe xénon 131,293										
		18 Ar argon 39,948										
		36 Kr krypton 83,798										
		54 Se sélénium 78,96										
		86 Rn radon [222]										

SYMBOLES

Ag

Am

Ar

Ba

Br

C

Cd

Cl

Co

CO₂

Cs

D

F

H

I

Ir

Kr

N

Na

NO₂

NO_x

Np

K

O

Pu

PuO₂

Ra

Rb

Rh

Rn

Ru

SO₂

SO_x

Sr

T

Tc

Th

Tl

U

UF₆

UO₂

Xe

ELEMENTS ET ISOTOPES

argent

americium

argon

baryum

brome

carbone

cadmium

chlore

cobalt

dioxyde de carbone

césium

deutérium

fluor

hydrogène

iode

iridium

krypton

azote

sodium

dioxyde d'azote

oxyde d'azote (en général)

neptunium

potassium

oxygène

plutonium

dioxyde de plutonium

radium

rubidium

rhodium

radon

ruthénium

dioxyde de soufre

oxyde de soufre (en général)

strontium

tritium

technétium

thorium

thallium

uranium

hexafluorure d'uranium

dioxyde d'uranium

xénon

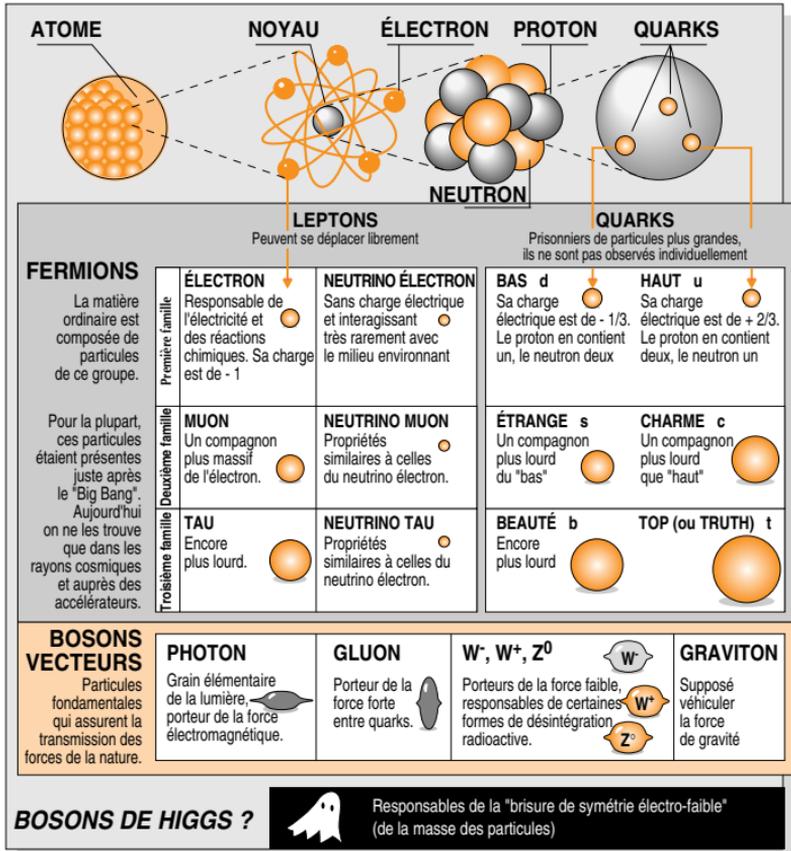
Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes

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

Caractéristiques des particules élémentaires

Characteristics of the elementary particles



Les particules élémentaires dans le cadre du modèle standard

NB : Nucléons : protons (2u + 1d) 1 charge +
 neutrons (1u + 2d) neutre, charge 0
 Source : "Scintillations" N° 3/92 IRFU/CEA

UNITES DE MESURE

	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	$^{\circ}\text{C}$
	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)	noeud	$0,514$ 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

énergie, travail quantité de chaleur (ML^2T^{-2})	électronvolt	$1,602 \cdot 10^{-19}$ J	eV
	erg	10^{-7} J	
	joule	1 J	J
	calorie	4,184 J	cal
	wattheure	3 600 J	Wh
	thermie	$4,184 \cdot 10^6$ J	th
puissance (ML^2T^{-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 par centimètre carré	$9,8 \cdot 10^4$ 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^2T^{-1})	stokes	10^{-4} m ² s ⁻¹	Sk
intensité électrique (I)	ampère	1 A	A
quantité d'électricité	franklin	$3,33564 \cdot 10^{-10}$ C	Fr
charge électrique (IT)	coulomb	1 C	C
	faraday	96 494 C	
potentiel ($ML^2T^{-3}I^{-1}$)	volt	1 V	V
résistance ($ML^2T^{-3}I^{-2}$)	ohm	1 Ω	Ω
capacité ($M^{-1}L^{-2}T^4I^2$)	centimètre farad	$1,112 \cdot 10^{-2}$ F	
	farad	1 F	F
conductance ($M^{-1}L^{-2}T^3I^2$)	siemens	1 S	S
inductance ($ML^2T^{-2}I^{-2}$)	centimètre henry	10^{-9} H	cm
	henry	1 H	H

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

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...	NA^{-2} 10^{-7}NA^{-2}	(calculé)
permittivité du vide	ϵ_0	$1/\mu_0 c^2$ = 8,854 187 817...	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
$1 \text{ u} = m_u = 1/12 m(^{12}\text{C})$				

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 intervient dans quatre grands domaines : les énergies bas carbone, les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, la défense et la sécurité globale, les Très grandes infrastructures de recherche (TGIR).

Pour chacun de ces quatre grands domaines, le CEA s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence et assure un rôle de soutien à l'industrie.

Le CEA est implanté sur 10 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) et des sciences de l'environnement (AllEnvi).

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 :

Les énergies bas carbone

Disposer de formes d'énergie compétitives, sûres et propres, en particulier non émettrices de gaz à effet de serre, constitue un enjeu international majeur pour lequel le CEA est très impliqué.

En appui aux industriels, le CEA cherche à optimiser le parc actuel des réacteurs nucléaires et à mettre au point des solutions techniques pour la gestion des déchets radioactifs.

Il participe aux programmes de recherches internationaux sur les réacteurs et combustibles nucléaires du futur qui assureront une production à la fois plus économique, plus sûre et générant moins de déchets. Le CEA a ainsi été mandaté par le Gouvernement pour construire, à l'horizon 2020, un démonstrateur pré-industriel de 4^e génération, ce qui constitue un défi très ambitieux pour évoluer vers un nucléaire durable et encore plus sûr. Le CEA conduit aussi des programmes sur l'impact sanitaire et environnemental de cette source d'énergie.

Les recherches du CEA soutiennent également l'essor des Nouvelles technologies pour l'énergie (NTE) : énergie solaire photovoltaïque et bâtiment à faible consommation d'énergie, technologies pour le stockage de l'électricité (batteries) et nanomatériaux, hydrogène, biocarburants de 2^e et 3^e génération...

La fusion thermonucléaire, dont la maîtrise pourrait permettre dans l'avenir de disposer d'une source quasi infinie d'énergie, est également au cœur de ses recherches. Le CEA est ainsi fortement impliqué dans le projet international du réacteur expérimental ITER.

En amont et en lien avec ses recherches et développements sur les énergies, il conduit différents programmes dans les domaines de la climatologie, des matériaux, de la chimie et des interactions rayonnement-matière.

Technologies pour l'information et la santé

Intervenant en appui de la politique nationale d'innovation industrielle, le CEA dispose d'une recherche technologique de haut niveau dans le domaine des micro et nanotechnologies. Les applications industrielles de ces recherches concernent notamment les télécommunications et les objets communicants. Il exerce également ses compétences dans les domaines de la robotique, de la réalité virtuelle et des technologies logicielles : systèmes embarqués et interactifs, capteurs et traitement du signal.

Grâce aux compétences qu'il a développées dans les biotechnologies et les technologies nucléaires pour la santé (marquage biomoléculaire, imagerie médicale), le CEA est également un acteur de la recherche médicale. Il s'appuie notamment sur des grandes plates-formes comme NeuroSpin pour l'imagerie cérébrale à très haut champ et MIRCen pour l'imagerie clinique, et sur les centres nationaux de séquençage (Génoscope) et de génotypage (CNG) rassemblés dans l'Institut de génomique d'Evry.

Ces programmes appliqués s'appuient sur une recherche fondamentale en nanophysique et ingénierie moléculaire, sciences des matériaux et cryotechnologies.

Au service de la Défense nationale

Le CEA a la responsabilité du maintien sur le long terme de la capacité de dissuasion nucléaire française. Ses missions couvrent toutes les étapes de la vie des têtes nucléaires qui équipent les avions et les sous-marins lanceurs d'engins. A la suite de l'arrêt des essais nucléaires, le CEA a mis en oeuvre le programme Simulation, qui s'appuie sur d'importants moyens expérimentaux et de calcul (Airix, laser Mégajoule, supercalculateur Tera). En 2010, l'intégration au CEA du Centre d'études de Gramat (Lot) a permis de renforcer l'expertise en matière de détonique et d'électromagnétisme. Le CEA est également responsable de la conception et de la maintenance des réacteurs de propulsion nucléaire (sous-marins, porte-avions).

Depuis les événements du 11 septembre 2001, le CEA a renforcé ses moyens d'évaluation et de prévention face aux menaces nucléaires radiologiques, biologiques et chimiques.

Enfin, il intervient dans les instances nationales et internationales, où il contribue à la surveillance du respect des traités internationaux tels que le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE).

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.

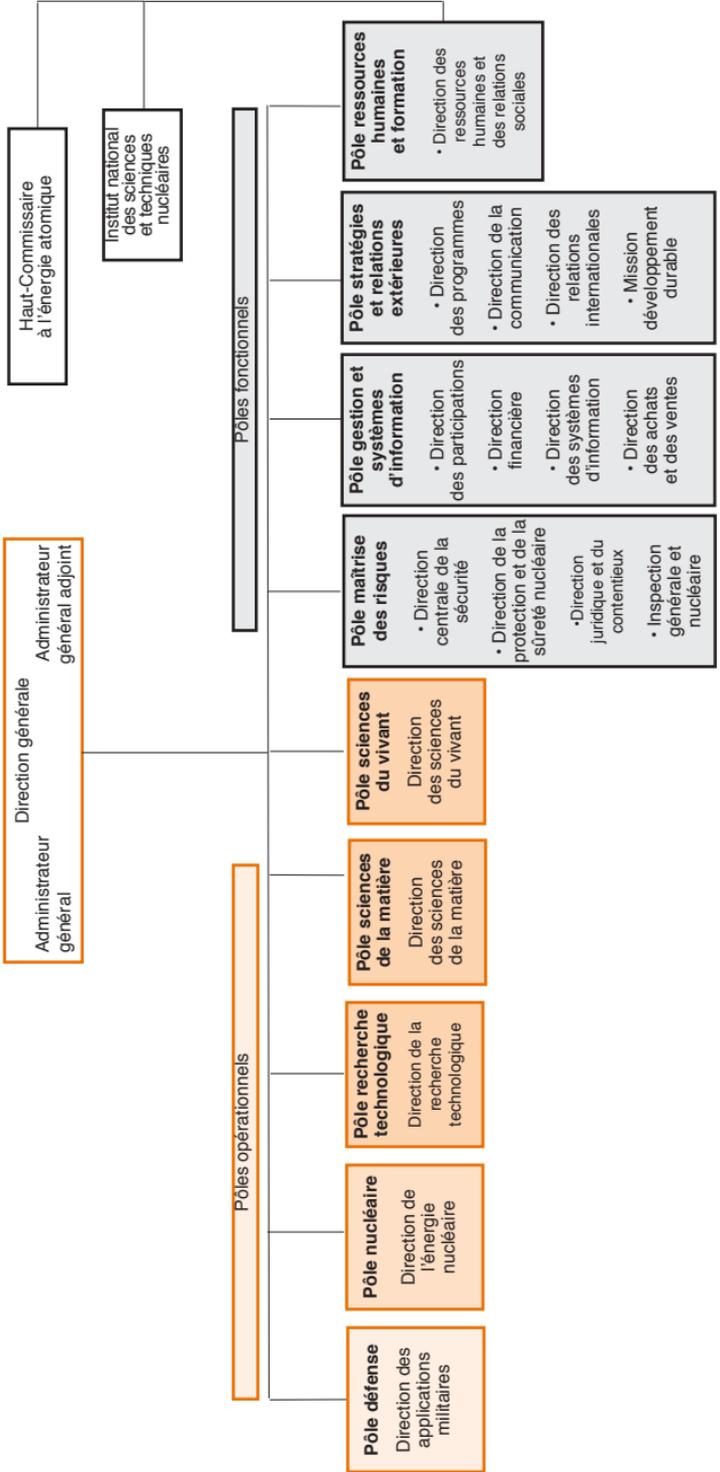
L'astrophysique et la physique des particules sont deux domaines où il est particulièrement présent, avec respectivement les grands instruments d'observation, au sol ou dans l'espace, et le LHC (Large Hadrons Collider à Genève) ou le Ganil (Grand accélérateur national d'ions lourds, à Caen).

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 - Centre 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 - Centre 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

- **AREVA**

33 rue La Fayette
75442 Paris cedex 09
tél.: 33 (0)1 34 96 00 00
www.areva.com

- **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

- **IFP** (Institut français du pétrole)
232, avenue Napoléon Bonaparte
92852 Reuil-Malmaison Cedex - France
www.ifp.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")

Les industriels

- **Charbonnage de France**
100, avenue Albert 1er
92503 Reuil Malmaison
tél : 01 47 52 35 00
www.groupecharbonnages.fr

- **GDF Suez**
23 rue Philibert Delorme
75840 Paris cedex 13
www.gazdefrance.com

Publications périodiques du CEA

- Clefs CEA (semestriel)
- Les Défis du CEA (mensuel)
- Rapport d'activités (annuel)
- Mémento sur l'énergie (annuel)
- Elecnucl - 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'énergie nucléaire,
 - 6 - le fonctionnement d'un réacteur nucléaire,
 - 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 de l'énergie nucléaire

Bâtiment 125 - 91191 Gif sur Yvette

[www.cea.fr](http://www cea fr)

ISSN - 1280-9039

Imprimé sur papier ECF