

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE

ENERGY HANDBOOK

ÉDITION 2011

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

ISSN - 1280-9039

Imprimé sur papier ECF



énergie atomique • énergies alternatives

MÉMENTO SUR L'ÉNERGIE 2011

La version 2011 du livret “ Mémento sur l'énergie ” que vous avez entre les mains contient un ensemble de notions et de données 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 plus de 40 et plus de 58 fois la production mondiale de 2010, comparativement à 118 fois pour le charbon (page 11).

2 - Evolution des besoins en énergie primaire : croissance de 1,6 %/an en moyenne dans le monde ces dernières années (1990-2008) dont forte croissance au Moyen Orient (5 %) et dans les pays en développement (ex : 3,2 % par an en Inde et 4,3 % en Chine) mais seulement 0,5 % dans l'Union européenne sur la période (page 20). Selon le scénario développé par l'AIE en 2010 (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 2007 : domination très forte des combustibles fossiles dans la consommation finale d'énergie (68 % dont 42 % pour le seul pétrole). Le gaz naturel et l'électricité à hauteur respectivement de 16 et 17 % devant la biomasse (13 %) et le charbon (10 %) (page 23). D'ici 2030, l'AIE retenait dans son scénario 2008 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 24,1 % entre 1973 et 2010, 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 571 kWh/an en Afrique, 2 471 kWh/ an en Chine et 11 113 kWh/an en Amérique du Nord (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 2,4 % par an dans le monde (page 37) à comparer avec 1,4 % pour la demande finale totale d'énergie d'après l'AIE (scénario de 2010).

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 21,3 %, 15,9 % et 13,5 %. Le nucléaire et le charbon ont le même niveau de contribution dans l'Union européenne (28,1 %) même si certains pays sont dans une situation bien différente (ex : France 77,1 % pour le nucléaire). Le scénario 2010 de l'AIE retenait d'ici 2030 (page 37) une réduction de la part du nucléaire dans la production mondiale d'ici 2030 (de 14 à 11 %) 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 39 GWcrête en 2010, il en est de même pour les capacités éoliennes qui atteignent 194 GWe. L'hydraulique a produit 15,9 % de l'électricité mondiale en 2008, les autres énergies renouvelables 2,9 % (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 74). La Chine est le premier pays émetteur de GES (6,6 GtCO₂), après avoir récemment supplanté les Etats-Unis (5,7 GtCO₂, voir page 75). Depuis 1990, les émissions mondiales ont augmenté de plus de 30 %.

8 - Prix des énergies : le prix de l'uranium a augmenté de 11 % de 2009 à 2010 dans le cadre des contrats à long terme (qui représentent 98 % des contrats de l'UE), et de 2 % seulement sur le marché spot. Au premier semestre 2009, le prix moyen de l'électricité industrielle HT dans l'Union européenne (page 88) était de 95,8 €/ MWh, allant de 58,7 € en Estonie à 141,6 € en Slovaquie (France : 64,7 €).

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
France : comptabilité de l'énergie primaire France: primary energy accountancy	9
Equivalence énergétique de l'uranium naturel Energy equivalence for natural Uranium	10
Equivalence énergétique des combustibles fossiles Energy equivalence for fossil fuels	10
RESSOURCES	
Monde : réserves prouvées en énergies fossiles par zone géographique fin 2010 World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2010	11
Monde : réserves d'uranium World: Uranium reserves	12
Monde : réserves d'énergies non renouvelables fin 2008 World: reserves of not renewable energies at end 2008	13
Production d'électricité d'origine éolienne Electricity production from wind power	14
Répartition mondiale de la puissance géothermique installée (MW) et production annuelle (GWh) Global installed geothermal capacity (MW) and annual output (GWh) - Regional distribution	14
Capacité européenne EU25 installée cumulée de solaire thermique European UE25 cumulative solar thermal capacity	14
Capacité mondiale installée cumulée de PV (MWh) Global cumulative PV capacity (MWh)	14
Europe : puissance cumulée et production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque dans les pays de l'UE Europe: cumulated capacity and electricity production from wind and solar power in the EU	15
Pouvoir calorifique inférieur du bois (PCI)	16
Données de base sur l'hydrogène Basic data about hydrogen	16
CONSOMMATION	
Scénario d'évolution de la population mondiale Scenario of evolution of world population	17
Monde : données générales pour 2008 World: general datas for 2008	18
Monde : approvisionnement total en énergie primaire World: total primary energy supply	20
Monde : scénario de référence pour l'approvisionnement en énergie primaire World: reference scenario for primary energy supply	21
Monde : consommation finale d'énergie en 2008 World: final consumption of energy for 2008	22
Monde : scénario de référence pour la consommation finale d'énergie World: reference scenario for final consumption of energy	23
Europe : données générales pour 2008 Europe: general data for 2008	24
Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2010 Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2010	26
Consommation d'électricité par habitant Electricity consumption per head	27
Consommation finale d'énergie par unité de PIB Final energy consumption per GDP unit	27
France : consommation d'énergie primaire (corrigée du climat) par énergie France: primary energy consumption (corrected for climate) by energy	28
France : consommation d'énergie finale (corrigée du climat) par énergie France: final energy consumption (corrected for climate) by energy	28

France : consommation d'énergie finale (corrégée du climat) par secteur	29	Usines de traitement des combustibles usés	
France: final energy consumption (corrected for climate) by sector		Used fuel reprocessing units	53
France : scénario tendanciel DGEMP 2008 de demande énergétique	29	Les déchets produits en France	54
France: DGEMP 2008 primary energy demande scenario		Classification des déchets	54
France : bilans électriques	30	Waste classification	
France: electricity balances		La gestion des déchets radioactifs	56
France : bilan de l'énergie en 2010	31	Principaux éléments contenus dans les combustibles usés	57
France: energy balance for 2010		Main elements comprised in used fuel	
PRODUCTION		Déchets ultimes issus du traitement du combustible d'un REP 1000 MWe	58
Monde : capacités électriques installées au 1 ^{er} janvier 2007	33	Ultimate waste from fuel reprocessing for a 1000 MWe PWR unit	
World: electricity installed capacities as of 1 st january of 2007		Effluents annuels dus au traitement du combustible d'un REP 1 000MWe	58
Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2010	34	Waste generated annually by reprocessing the fuel of a 1000 MWe PWR unit	
Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2010		Effluents et déchets produits en 1996 par les centrales nucléaires en France	58
Monde : production d'électricité par source en 2008	35	Total amount of waste generated by the French nuclear power plants in 1996	
World: electricity generation by fuel for 2008		Volumes de résidus générés dans UP3	59
Monde : production d'électricité	36	Volume of waste generated in the UP3 reprocessing plant	
World: electricity generation		INFORMATIONS GÉNÉRALES GENERALITIES	61
Monde : scénario de référence pour la production d'électricité	37	L'HOMME ET LES RAYONNEMENTS	
World: reference scenario for electricity generation		Quelques définitions	62
Europe : évolution de la production électrique	38	Grandeurs et unités propres aux rayonnements ionisants Physical units for ionizing radiation	63
Europe: evolution of electricity generation		Décroissance de la radioactivité d'un radioélément, vie moyenne, période	64
Europe : part de l'énergie produite à partir des sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2009 et objectifs 2020	39	Radioactive decay, mean life, half life	
Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2009 and national overall targets in 2020		Périodes effectives de quelques corps radioactifs Effective half life for some radioelements	64
France : production d'énergie renouvelable	40	Pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants Radiation ionizing stopping power	65
France: renewable energy production		Expositions aux rayonnements ionisants en France (hors activités professionnelles)	66
France : bilan électrique	40	Ionizing radiation exposure in France (other than occupational)	
France: electricity balance		Expositions aux rayonnements ionisants de la population en France	66
France : production d'électricité thermique par catégorie de combustibles	41	Le radon	67
France: thermal electricity generation by fuel		Carte des activités volumiques du radon dans les habitations en France	67
Puissances maximales appelées par le réseau en France	41	Exposition moyenne mondiale aux sources naturelles d'irradiation	68
Peak load demand of the French network		World average exposure from natural sources	
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONUCLÉAIRE	43	L'activité radioactive, exemples Examples of natural or human generated activity	69
ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER		RADIOPROTECTION ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE	
Principales caractéristiques des filières électronucléaires	44	Institutions internationales	70
Main characteristics of nuclear reactor types		Loi sur la transparence et la sécurité en matière nucléaire	70
GESTION DU COMBUSTIBLE		L'Autorité de sûreté	70
France : caractéristiques des REP 900, 1300, 1450 MWe	45	Principes du contrôle de la sûreté nucléaire en France	70
France: Characteristics of the 900, 1300 and 1450 MWe PWR's		Classement des incidents : échelle INES	71
Parc électronucléaire français au 01/01/2011	46	Structure fondamentale de l'échelle INES	71
Nuclear power plants in France - Status as of 2011/01/01		ENVIRONNEMENT	
France : évaluation des besoins en uranium et services du cycle du combustible REP	48	Qu'est-ce que l'effet de serre ?	72
France: Uranium and fuel cycle services requirements		Evolution des concentrations atmosphériques des principaux gaz à effet de serre au cours du temps	72
Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides	49	History of Greenhouse gas atmospheric rate	
Le réacteur à neutrons rapides incinérateur d'actinides	49	Variation de la température moyenne de la surface terrestre par rapport à 1861	73
The fast neutron reactor as an actinide incinerator		Change in average surface temperature compared to 1861	
CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE		Prévisions en fonction du niveau à l'équilibre CO ₂ équival de l'augmentation de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre par rapport au niveau pré-industriel	73
Gestion du combustible sur le parc REP d'EDF	50	Estimations according to CO ₂ equival, equilibrium of the global average Earth's surface temperature increasing compared to pre-industrial level	
Cycle simplifié du combustible nucléaire en France	51	Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique en 2004	74
Monde : besoins en uranium World: Uranium requirements	52	World anthropogenic greenhouse gases emission in 2004	
Définition de l'UTS	52	Emissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2004	74
Monde : capacité nominale d'enrichissement de l'uranium	52	Green House Gases emission by sector in 1990 and 2004	
World: Uranium enrichment capacity		Les plus gros émetteurs de CO ₂ en 2008	75
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	The biggest CO ₂ emitters in 2008	
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		Emissions types de la production électrique	75
Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium	53	Principaux événements sur les changements climatiques	76
Fabrication de combustible : besoins et capacités de production dans l'OCDE	53	La Conférence de Kyoto	76
Fuel manufacture: requirements and capacities in OECD countries			

Situation des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'UE27 <i>Situation of Greenhouse gas emissions for European Union (27) countries</i>	77
Situation de émissions de gaz à effet de serre des pays d'Europe vis-à-vis du protocole de Kyoto <i>Situation of greenhouse gas emissions for Europe countries towards Kyoto Protocol</i>	78
Monde : évolution des émissions de CO ₂ <i>World: evolution of CO₂ emissions</i>	80
Monde : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles <i>World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	81
Monde : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles <i>World: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	82
Principaux gaz à effet de serre <i>Main Greenhouse gases</i>	82
Europe : émissions de CO ₂ par habitant provenant de combustibles fossiles <i>Europe: CO₂ emissions per capita from fossil fuels</i>	83
Europe : émissions de CO ₂ par unité de PIB provenant de combustibles fossiles <i>Europe: CO₂ emissions per GDP unit from fossil fuels</i>	84
Europe : émissions de CO ₂ par kWh pour le secteur de l'électricité et de la chaleur <i>Europe: CO₂ emissions per kWh from electricity and heat generation</i>	85
DONNÉES ÉCONOMIQUES	
Prix HT de l'électricité à usage domestique au 1 ^{er} semestre 2009	86
Prix TTC de l'électricité à usage domestique au 1 ^{er} semestre 2009	87
Prix HT de l'électricité à usage industriel au 1 ^{er} semestre 2009	88
Prix TTC de l'électricité à usage industriel au 1 ^{er} semestre 2009	89
Exemples de prix moyens des énergies en France <i>Examples of average prices of energies in France</i>	90
Tarifs d'achat de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération	91
France : prix de l'uranium (moyenne zone Euratom) <i>France: Uranium prices (Euratom average)</i>	92
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	
Le CEA, un acteur clef de la recherche technologique	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	$2,389.10^{-7}$	$9,479.10^{-4}$	$2,778.10^{-7}$
1 thermie	th	$4,186.10^6$	1	$3,968.10^{+3}$	1,163
1 British Thermal Unit	Btu	$1,055.10^3$	$2,520.10^{-4}$	1	$2,930.10^{-4}$
1 kilowatt-heure	kWh	$3,600.10^6$	$8,600.10^{-1}$	$3,413.10^3$	1

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

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

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

Principales unités de puissance

Main power units

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

Unités de volume métriques et anglo-saxonnes

Anglo-saxon and metric units conversion

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

Unités usuelles pour l'uranium

Common units for uranium

	kg U	lb U ₃ O ₈	Short Ton U ₃ O ₈
1 kg U	1	2,5998	$1,2999.10^{-3}$
1 lb U ₃ O ₈	0,3846	1	$0,5.10^{-3}$
1 Short Ton U ₃ O ₈	769,3	2 000	1

Table de conversion pour les composés de l'uranium

Conversion table for uranium compounds

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

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

Pouvoir calorifique inférieur des charbons (Thermies/kg)

Lower calorific value for coals

TOURBE	3,5	(4,85 en aggloméré)
LIGNITE « FIBREUX »	3	à 3,5
« TERREUX »	4,8	à 5
SEC	4,5	à 5,5
BITUMINEUX	6	à 7
CHARBON « Flambant gras »	5,55	à 7,75
« Flambant sec »	5,7	à 6,65
« Gras »	6,3	à 7,7
« Demi-gras »	6,75	à 7,7
« Anthracite »	7,25	à 7,85
COKE	6,6	

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

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) (NCV)
Charbon Coal			
• Houille Hard coal	1 t	26	26/42 ≈ 0,619
• Coke de houille Coal coke	1 t	28	28/42 ≈ 0,667
• Agglomérés et briquettes de lignite Lignite briquettes	1 t	32	32/42 ≈ 0,762
• Lignite et produits de récupération Lignite & recovered products	1 t	17	17/42 ≈ 0,405
Produits pétroliers Petroleum products			
• Pétrole brut, gazole/fioul domestique, produits à usages non énergétiques Crude oil, automotive diesel/domestic fuel oil, products for not enegy uses	1 t	42	1
• GPL LPG	1 t	46	46/42 ≈ 1,095
• Essences moteur et carburants Automotive gasoline and jet fuel	1 t	44	44/42 ≈ 1,048
• Fiouls lourds Heavy fuel oil	1 t	40	40/42 ≈ 0,952
• Coke de pétrole Petroleum coke	1 t	32	32/42 ≈ 0,762
Gaz naturel et industriel Natural and industrial gas	1 MWh PCS 1 MWh GCV	3,24	3,24/42 ≈ 0,077
Biocarburants Biofuels			
Ethanol	1 t	26,8	26,8/42 ≈ 0,638
Biodiesel (ester méthylique d'acide gras)	1 t	36,8	36,8/42 ≈ 0,876
Bois Wood	1 stère	6,17	6,17/42 ≈ 0,147
Vecteur 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 2010

World: proved reserves of fossil fuels per geographical area at end 2010

2010	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	231
Amérique latine Latin America	6 890	5 618	12 508	148
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	92 990	211 614	304 604	257
Afrique Africa	32 721	174	32 895	127
Moyen-Orient Middle East				
Asie / Pacifique Asia / Pacific	159 326	106 517	265 843	57
Total Monde World total	404 762	456 176	860 938	118
dont OCDE of which OECD	155 926	222 603	378 529	184

* Reserves / production 2010

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2011

2010	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	10,3	14,8	9,9	12
Amérique latine Latin America	34,3	93,9	7,4	45,9
Total Europe et Eurasie Europe & Eurasia total	19,0	21,7	63,1	60,5
Afrique Africa	17,4	35,8	14,7	70,5
Moyen-Orient Middle East	101,8	81,9	75,8	>100
Asie / Pacifique Asia / Pacific	6,0	14,8	16,2	32,8
Total Monde World total	188,8	46,2	187,1	58,6
dont OCDE of which OECD	12,4	13,5	17,1	14,7

* Reserves / production 2010

Source : BP Statistical Review of World Energy, juin 2011

Monde: réserves d'Uranium

World: Uranium reserves

01/01/2009	Réserves raisonnablement assurées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Réserves supplémentaires supposées milliers tonnes U (<260\$/kgU) Thousand tons U	Production 2008 milliers tonnes U Thousand tons U	R/P
Amérique du Nord North America	861	158	10	82
dont of which				
Canada	387	157	9	43
Etats-Unis United States	472	0	1	316
Amérique Latine Latin America	170	132	0	516
dont Brésil of which Brazil	158	121	0	478
Europe	51	127	0	144
Ex-URSS ⁽¹⁾ FSU ⁽¹⁾	814	931	15	54
dont of which				
Kazakhstan Kazakhstan	414	418	9	49
Fédération de Russie Russian Federation	181	385	4	52
Ukraine	142	81	1	172
Afrique Africa	663	286	8	83
dont of which				
Afrique du Sud South Africa	195	100	1	345
Namibie Namibia	157	127	4	36
Niger	245	31	3	81
Moyen-Orient Middle East	45	69	0	7 450
Asie / Pacifique Asia / Pacific	1 400	599	9	147
dont of which				
Australie Australia	1 179	500	8	140
Chine China	116	56	1	151
Total Monde World total	6 357	3 723	76	84
dont OCDE of which OECD	2 096	790	19	109

(1) Hors PECO Excluding Eastern & Central European Countries

Source : Uranium 2009, Resources, Production and Demand, AEN, éd 2010

Monde: réserves d'énergies non renouvelables fin 2008

World: reserves of not renewable energies for end 2008

	Réserves prouvées 2008 Proved reserves A	Production 2008 C	Ratio A/C
Pétroles conventionnels + Gaz naturels liquides	163 Gt	4 Gt	41
Schistes bitumineux	689 Gt	0,9 Gt	766
Gaz nat (CH ₄)	185 544 Gm ³	3 047 Gm ³	61
Charbons dont	861 Gt	6,7 Gt	129
Charbon bitumineux (anthracite inclus)	405 Gt	5,2 Gt	78
Charbon sub-bitumineux	261 Gt	0,6 Gt	435
Lignite	195 Gt	0,9 Gt	217
Uranium ⁽¹⁾	3 525 kt	44 kt	80
		Production cumulée	
Bitumes naturels	243 Gbarils	6,5 Gbarils	37
Pétroles extra-lourds	59 Gbarils	17,1 Gbarils	3,5

Rappels :

1tep = 7,33 barils

1 000 m³ de Gaz nat = 0,85 tep

lignite : 0,3 tep/t

sub-bitumineux : 0,5 tep/t

bitumineux : 0,7 tep/t

(1) à un coût < 130 \$ /kg U

Source : 2010 - Survey of energy resources, CME

Production d'électricité d'origine éolienne

Electricity production from wind power

Année Year	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
EU15: capacité éolienne cumulée (GW) UE15: cumulative installed capacity [GW]		13	41	49			
EU27: capacité éolienne cumulée (GW) UE27: cumulative installed capacity [GW]					65	75	84
Monde: capacité éolienne cumulée (GW) World: cumulative installed capacity [GW]	5	17	59	94	120	159	194

Source : GWEC (Global World Energy Council)

Répartition mondiale de la puissance géothermique installée (MWe) et production annuelle (GWh)

Global installed geothermal capacity (MWe) and annual output (GWh) - Regional distribution

	Afrique	Amérique du nord	Asie	Europe	Océanie	Total
Capacité installée en 2005 (MWe) Installed capacity in 2005 [MWe]	136	3 941	3 290	1 124	441	8 932
Capacité installée en 2008 (MWe) Installed capacity in 2008 [MWe]	172	4 737	3 605	1 501	641	10 656
Production annuelle en 2007 (GWh) Annual output in 2007 [GWh]	1 109	25 130	22 268	10 211	4 413	63 131

Source : Survey of Energy Resources Interim Update 2009 GWEC (Global World Energy Council)

Capacité européenne UE25 installée cumulée de solaire thermique (MWth)

European UE25 cumulative solar thermal capacity (MWth)

Année Year	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Puissance mondiale cumulée (MWth) Global cumulative capacity (MWth)	-	-	12 245	14 902	16 819	19 983	22 508	25 136

Source : Euroserver

Capacité mondiale installée cumulée de PV (MwC)

Global cumulative PV capacity (MWp)

Année Year	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Puissance mondiale cumulée (MwC) Global cumulative PV capacity (MWp)	580	1 459	5 399	6 980	9 492	15 655	22 900	39 529

Source : EPIA

	Monde World	France
Durée annuelle d'ensoleillement (h/an) Annual sunshine period (h/yr)	1 000 - 4 000	1 600 - 2 835 (Lille-Marseille)

Source : EPIA

	France	Europe	Monde World
Energie reçue par m ² de surface horizontale (kWh/m ² /an) Energy received per m ² of horizontal surface (kWh/m ² /yr)	1 100 - 1 900	1 000	1 700

Source : EPIA

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

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

	Eolien (TWh) 2008 Wind	Eolien (TWh) 2009 Wind	Puissance éolienne cumulée dans l'UE (MW) 2009 Cumulated installed wind power in the EU	Solaire (GWh) 2009 Solar	Solaire (GWh) 2010** Solar	Puissance photovolt. cumulée dans l'UE (MW) 2010** Cumulated photovoltaic capacity in the EU	Puissance photovolt. cumulée dans l'UE (MW) 2010** Cumulated photovoltaic capacity in the EU
						Réseau On grid	Hors réseau Off grid
Allemagne Germany	40,6	37,5	25 777,0	6 578,0	12 000,0	17 320,000	50,000
Autriche Austria	2,0	2,1	994,9	21,0	26,0	98,991	3,605
Belgique Belgium	0,6	1,0	606,0	487,9	669,3	787,404	0,053
Bulgarie Bulgaria	0,1	0,4	177,0	3,3	24,0	17,200	0,040
Chypre Cyprus	0,0	0,0	0,0	2,9	5,6	5,564	0,682
Danemark Denmark	6,9	6,7	3 482,0	3,7	5,7	6,325	0,740
Espagne Spain	32,9	37,8	19 148,8	5 962,0	6 302,0	3 787,000	21,081
Estonie Estonia	0,1	0,2	149,2	0,0	0,1	0,000	0,080
Finlande Finland	0,3	0,3	147,0	6,0	6,9	0,170	9,479
France*	5,7	7,8	4 626,0	215,0	600,0	1 025,000	29,346
Grèce Greece	2,2	2,0	1 087,0	62,4	138,4	198,500	6,900
Hongrie Hungary	0,2	0,4	201,0	0,8	1,0	1,500	0,250
Irlande Ireland	2,5	3,0	1 260,0	0,4	0,4	0,100	0,510
Italie Italy	5,1	6,1	4 850,0	677,0	1 600,0	3 465,000	13,500
Lettonie Latvia	0,1	0,1	28,0	0,0	0,0	0,003	0,005
Lituanie Lithuania	0,1	0,2	98,0	0,0	0,1	0,020	0,080
Luxembourg	0,1	0,1	43,3	20,3	21,0	27,273	0,000
Malte Malta	0,0	0,0	0,0	1,1	2,6	1,670	0,000
Pays-Bas Netherlands	4,3	4,6	2 222,0	45,0	70,0	91,900	5,000
Pologne Poland	0,8	1,3	705,3	1,2	1,8	0,450	1,300
Portugal	5,8	7,6	3 326,0	160,0	213,3	127,739	3,100
Rep. Tchèque Czech Republic	0,2	0,3	193,3	88,8	615,6	1 952,700	0,400
Rep. Slovaque Slovak Republic	0,0	0,0	5,0	0,2	80,0	143,729	0,080
Roumanie Romania	0,0	0,0	14,0	0,8	1,7	1,330	0,610
Royaume-Uni United Kingdom	7,1	9,3	4 424,0	26,5	41,8	72,845	2,000
Slovénie Slovenia	0,0	0,0	0,0	4,2	15,0	36,236	0,100
Suède Sweden	2,0	2,5	1 560,0	7,1	9,4	4,595	5,469
Union européenne 27 European Union 27	119,7	131,0	75 124,8	14 375,6	22 451,7	29 173,2	154,4

* Départements d'Outre-Mer inclus Overseas departments included

** Estimation

Source : EuroObserver 2011

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

Description de la forêt en France (FCBA 2010/2011)

Surface totale (M ha) : 55,0

Forêt (M ha) : 15,3

Usage du bois (millions m³/an)

Production biologique forestière : 101 dont 56 de feuillus et 45 de résineux.

75 Mm³ proviennent de forêts privées.

Récolte de bois commercialisée en 2009 : 38,6

Dont 22,4 : bois d'œuvre

Dont 12,4 : bois d'industrie

Dont : 3,8 bois énergie dont 1,5 certifiée (plaquettes forestières : 0,7)

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

Source : Mémento FCBA 2010-2011

Coût moyen de la plaquette forestière en France livrée sur site, avec un taux d'humidité d'environ 35 %, en France : 20 € MWh HT.

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

Production mondiale de biocarburants (2009) :

Biodiesel : 17,9 milliards de litres dont 10,2 en Europe, 2,8 en Allemagne, 2,2 en France, et 1,5 aux Etats-Unis

Bioéthanol : 73,9 milliards de litres dont 40,1 et 24,9 Mds de litres pour, respectivement, les Etats-Unis et le Brésil, 3,7 milliards de litres en Europe dont 1,2 en France

Source : Global Renewable Fuels Alliance, plateforme-biocarburants

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

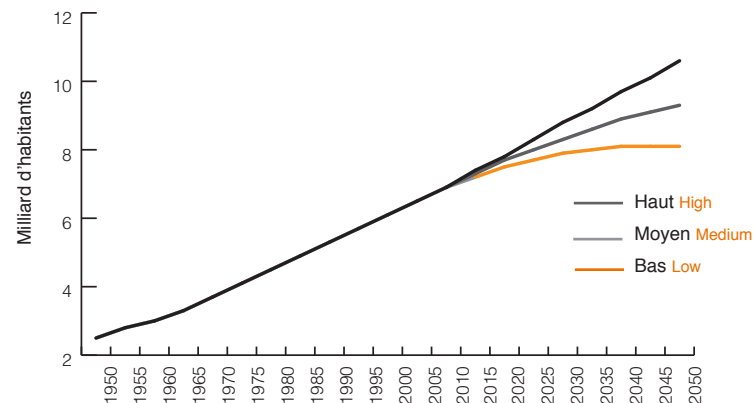
(2) Pouvoir calorifique supérieur High heating value

Source : AFH2

CONSOMMATION

Scénario d'évolution de la population mondiale

Scenario of evolution of world population



Source : United Nations Secretariat, World Population Prospects database: The 2010 revision (<http://esa.un.org/unpp>)

Monde : données générales pour 2008

World: General datas for 2008

Année 2008 Year 2008	Population (millions hab)	PIB (PPA milliards US\$2000) GDP (PPP billion US\$2000)	Consommation finale d'énergie ⁽¹⁾ (millions tep) Final consumption of energy ⁽¹⁾ (million toe)	Consommation d'électricité (TWh) Consumption of electricity (TWh)
Amérique du Nord ⁽²⁾ North America	444	13 984	1 860	4 939
dont Etats-Unis of which USA	305	11 742	1 542	4 156
Amérique latine Latin America	462	3 937	439	904
dont Brésil of which Brazil	192	1 648	195	429
Europe OCDE OECD Europe	543	13 367	1 280	3 416
Europe non OCDE Non OECD Europe	53	555	69	180
Union européenne 27 European Union 27	499	12 543	1 219	3 184
dont France of which France	64	1 751	166	494
Ex-URSS FSU	285	2 564	666	1 326
Moyen-Orient Middle East	199	1 630	388	672
Afrique Africa	984	2 499	484	562
Asie Asia	3 516	19 814	2 353	4 863
dont : of which:				
Chine China	1 333	11 054	1 379	3 293
Inde India	1 140	4 310	408	645
Pacifique OCDE ⁽³⁾ OECD Pacific ⁽³⁾	202	5 517	555	1 742
Total Monde World Total	6 688	63 866	8 428	18 603
dont OCDE of which OECD	1 190	32 868	3 696	10 097

(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, & Mexique USA, Canada, & Mexico

(3) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and New Zealand

* Incluant les soutes maritimes et d'aviation

* Marine and aviation bunkers included

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed.

Monde : données générales pour 2008 (suite)

World: General datas for 2008

Année 2008 Year 2008	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\$2000) Final consumption of energy per GDP unit ⁽¹⁾ (koe/thousand US\$2000)	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/millier US\$2000) Final consumption of electricity per GDP unit ⁽²⁾ (kWh/thousand US\$2000)
Amérique du Nord ⁽³⁾ North America ⁽³⁾	4 185	133	11 113	353
dont Etats-Unis of which USA	5 064	131	13 647	354
Amérique latine Latin America	949	111	1 956	230
dont Brésil of which Brazil	1 018	119	2 232	260
Europe OCDE OECD Europe	2 358	96	6 290	256
Europe non OCDE Non OECD Europe	1 293	124	3 381	324
Union européenne 27 European Union 27	2 445	97	6 384	254
dont France of which France	2 582	95	7 704	282
Ex-URSS FSU	2 340	260	4 660	517
Moyen-Orient Middle East	1 954	238	3 384	412
Afrique Africa	492	194	571	225
Asie Asia	669	119	1 383	245
dont : of which:				
Chine China	1 035	125	2 471	298
Inde India	358	95	566	150
Pacifique OCDE ⁽⁴⁾ OECD Pacific ⁽⁴⁾	2 748	101	8 618	316
Total Monde World Total	1 260	132	2 782	291
dont OCDE of which OECD	3 106	112	8 486	307

(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, & Mexique USA, Canada, & Mexico

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and 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

Nota: unlike mentioned geographical areas, data for France and United States include combustible renewables and waste

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

Monde : approvisionnement total en énergie primaire *

World: total primary energy supply *

Mtep	1990	1995	2000	2006	2007	2008	%/an %/year 1990- 2008
Mtoe							
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	2 245	2 450	2 670	2 747	2 785	2 731	1,1
dont Etats-Unis of which USA	1 915	2 089	2 273	2 303	2 337	2 284	1,0
Amérique latine Latin America	344	395	456	534	554	575	2,5
dont Brésil of which Brazil	140	161	189	223	235	249	2,6
Europe OCDE OECD Europe	1 603	1 652	1 735	1 841	1 827	1 822	0,8
Europe non OCDE Non OECD Europe	139	104	94	106	106	107	-1,5
Union européenne 27 European Union 27	1 635	1 637	1 685	1 779	1 758	1 751	0,5
dont France of which France	224	241	252	268	264	267	1,0
Ex-URSS FSU	1 417	979	923	1 011	1 018	1 038	-1,9
Moyen-Orient Middle East	219	311	378	527	559	594	5,0
Afrique Africa	388	443	502	608	636	655	2,5
Asie Asia	1 592	1 956	2 170	3 174	3 345	3 541	3,9
dont : of which:							
Chine China	872	1 057	1 107	1 865	1 977	2 131	4,3
Inde India	319	386	459	564	595	621	3,2
Pacifique OCDE ⁽²⁾ OECD Pacific ⁽²⁾	631	748	829	872	879	870	1,8
Soutes maritimes internationales International marine bunkers	112	129	147	175	185	181	2,5
Total Monde World Total	8 777	9 241	10 025	11 731	12 043	12 267	1,6
dont OCDE of which OECD	4 479	4 828	5 234	5 450	5 490	5 422	1,1

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

(2) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and New Zealand

* Approvisionnement Total en énergies primaires = Production + Importations - Exportations - soutages maritimes internationaux ± variations des stocks

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

Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

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

World: reference* scenario for primary energy supply

	1990		2008		2015		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	2 245	26	2 731	23	2 759	21	2 836	17
Amérique latine Latin America	344	4	569	5	667	5	852	5
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 601	19	1 820	15	1 802	13	1 913	12
UE 27 EU 27	1 632	19	1 749	15	1 722	13	1 802	11
Economies en transition ⁽³⁾ Transition economies ⁽³⁾	1 560	18	1 151	10	1 207	9	1 402	9
Moyen-Orient Middle East	219	3	596	5	735	5	1 034	6
Afrique Africa	388	5	655	5	735	5	898	5
Asie en développement Developing Asia	1 593	18	3 545	29	4 609	33	6 527	39
dont Inde of which India	319	4	620	5	778	6	1 285	8
dont Chine of which China	872	10	2 131	18	2 887	22	3 907	24
Pacifique OCDE ⁽⁴⁾ OECD Pacific ⁽⁴⁾	631	7	870	7	908	7	956	6
Total	8 581	100	11 937	100	13 422	100	16 418	100
dont OCDE of which OECD	4 477	52	5 421	45	5 468	41	5 787	35
Monde World	8 779	100	12 272	100	13 775	100	16 941	100
dont of which								
Charbon Coal	2 233	25	3 315	27	3 892	28	4 932	29
Pétrole Oil	3 222	37	4 059	33	4 252	31	4 826	28
Gaz Gas	1 674	19	2 596	21	2 919	21	3 722	22
Nucléaire Nuclear	526	6	712	6	818	6	1 040	6
Hydraulique Hydro	184	2	276	2	331	2	416	2
Biomasse et déchets Biomass & Waste	904	10	1 225	10	1 385	10	1 621	10
Autres renouvelables Other renewables	36	0,4	89	0,7	178	1	384	2

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, Mexique USA, Canada, 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) Ex-Yougoslavie + ex URSS (hors Hongrie, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque) + Chypre, Malte et Gibraltar (pour des raisons statistiques) - Ex-Yougoslavie + FSU (exclusive of Hungary, Poland, Slovak Rep., Czech Rep.) + Cyprus, Malta & Gibraltar (for statistical reasons)

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

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

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

Source : World Energy Outlook 2010, AIE - World Energy Outlook 2010, IEA

Monde : consommation finale d'énergie en 2008

World: final consumption of energy for 2008

(Mtep) (Mtoe)	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Electricité Electricity	Total
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	36	948	393	390	1 860
dont Etats-Unis of which USA	30	782	328	328	1 542
Amérique latine Latin America	11	203	63	74	439
dont Brésil of which Brazil	7	86	11	35	195
Europe OCDE OECD Europe	56	562	280	266	1 280
Europe non OCDE Non OECD Europe	4	27	14	13	69
Union européenne 27 European Union 27	44	536	276	246	1 219
dont France of which France	4	76	33	37	166
Ex-URSS FSU	39	155	232	92	666
Moyen-Orient Middle East	0,5	215	117	53	388
Afrique Africa	16	117	28	44	484
Asie Asia	618	649	123	375	2 353
dont : of which:					
Chine China	495	323	52	248	1 379
Inde India	56	122	15	52	408
Pacifique OCDE ⁽²⁾ OECD Pacific ⁽²⁾	43	292	64	140	555
Total Monde World total	823	3 502	1 313	1 446	8 428
dont OCDE of which OECD	135	1 802	737	795	3 696

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

(2) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and 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 du combustible).

Nota: 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 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

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

World: reference* scenario for final consumption of energy

	1990		2008		2015		2030	
	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%	Mtep Mtoe	%
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	1 535	25	1 860	23	1 875	20	1 979	18
Amérique latine Latin America	260	4	436	5	511	6	645	6
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	1 114	18	1 280	16	1 293	14	1 398	13
UE 27 EU 27	1 124	18	1 219	15	1 230	13	1 314	12
Economies en transition ⁽³⁾ Transition economies ⁽³⁾	1 081	18	731	9	785	9	931	8
Moyen-Orient Middle East	159	3	388	5	509	6	706	6
Afrique Africa	289	5	484	6	547	6	656	6
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 221	20	2 354	29	3 075	34	4 202	38
dont Inde of which India	251	4	408	5	525	6	848	8
dont Chine of which China	668	11	1 379	17	1 868	20	2 406	22
Pacifique OCDE ⁽⁴⁾ OECD Pacific ⁽⁴⁾	431	7	555	7	575	6	586	5
Monde World	6 090	100	8 088	100	9 170	100	11 103	100
dont OCDE of which OECD	3 080	51	3 696	46	3 743	41	3 964	36
dont of which								
Charbon Coal	763	12	823	10	1 014	11	1 123	10
Pétrole Oil	2 608	41	3 502	42	3 775	40	4 439	38
Gaz Gas	950	15	1 308	16	1 468	15	1 765	15
Electricité Electricity	835	13	1 446	17	1 776	19	2 548	22
Chaleur Heat	333	5	258	3	283	3	317	3
Biomasse et déchets Biomass & Waste	796	13	1 070	13	1 186	12	1 299	11
Autres Renouvelables Other Renewables	4	0,1	15	0,2	24	0,3	54	0,5

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

* Only taking into account policies already formally 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, Mexique USA, Canada, Mexico

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

(3) Ex-Yougoslavie + ex URSS (hors Hongrie, Pologne, Rép. Slovaque, Rép. Tchèque) + Chypre, Malte et Gibraltar (pour des raisons statistiques) - Ex-Yougoslavie + FSU (exclusive of Hungary, Poland, Slovak Rep., Czech Rep.) + Cyprus, Malta & Gibraltar (for statistical reasons)

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

Source : World Energy Outlook 2010, AIE World Energy Outlook 2010, IEA

Europe : données générales pour 2008

Europe: general data for 2008

Année 2008 Year 2008	Population (millions habitants) (million inhabitants)	PIB (PPA milliards US\$2000) GDP (PPP billion US\$2000)	Approvision- nement 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	82,1	2 352	335	236	587
Autriche Austria	8,3	273	33	27	69
Belgique Belgium	10,7	327	59	42	91
Bulgarie Bulgaria	7,6	76	20	11	35
Chypre Cyprus	0,8	18	3	2	5
Danemark Denmark	5,5	171	19	15	36
Espagne Spain	45,6	1 095	139	99	288
Estonie Estonia	1,3	23	5	3	9
Finlande Finland	5,3	168	35	26	87
France	64,1	1 751	267	166	494
Grèce Greece	11,2	274	30	21	64
Hongrie Hungary	10,0	161	26	19	40
Irlande Ireland	4,4	154	15	13	28
Italie Italy	59,9	1 562	176	133	339
Lettonie Latvia	2,3	33	4	4	7,0
Lituanie Lithuania	3,4	54	9	6	12
Luxembourg	0,5	31	4	4	8
Malte Malta	0,4	8	1	0,4	2
Pays-Bas Netherlands	16,4	546	80	61	119
Pologne Poland	38,1	561	98	66	142
Portugal	10,6	188	24	19	51
Rép. Tchèque Czech Republic	10,4	215	45	27	67
Rép. Slovaque Slovak Republic	5,4	96	18	12	29
Roumanie Romania	21,5	218	39	27	54
Royaume-Uni United Kingdom	61,4	1 842	208	143	372
Slovénie Slovenia	2	49	8	6	14
Suède Sweden	9	298	50	34	137
Union européenne (27) European Union (27)	499	12 543	1 751	1 219	3 184

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 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

Europe : données générales pour 2008

Europe: general data for 2008

Année 2008 Year 2008	Consommation finale d'énergie par unité de PIB ⁽¹⁾ (tep/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	100	7 148	250
Autriche Austria	99	8 213	251
Belgique Belgium	129	8 525	279
Bulgarie	140	4 608	461
Chypre Cyprus	97	6 156	275
Danemark Denmark	87	6 466	208
Espagne Spain	90	6 311	263
Estonie Estonia	140	6 546	378
Finlande Finland	156	16 365	518
France	95	7 704	282
Grèce Greece	77	5 721	235
Hongrie Hungary	116	3 984	249
Irlande Ireland	81	6 284	181
Italie Italy	85	5 655	217
Lettonie Latvia	126	3 042	212
Lituanie Lithuania	111	3 513	222
Luxembourg	124	15 918	248
Malte Malta	46	4 950	254
Pays-Bas Netherlands	112	7 226	217
Pologne Poland	117	3 733	254
Portugal	102	4 821	272
Rép. Tchèque Czech Republic	126	6 462	314
Rép. Slovaque Slovak Republic	123	5 268	297
Roumanie	122	2 489	245
Royaume-Uni United Kingdom	78	6 067	202
Slovénie Slovenia	113	6 994	287
Suède Sweden	113	14 806	460
Union européenne (27) European Union (27)	97	6 384	254

(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)

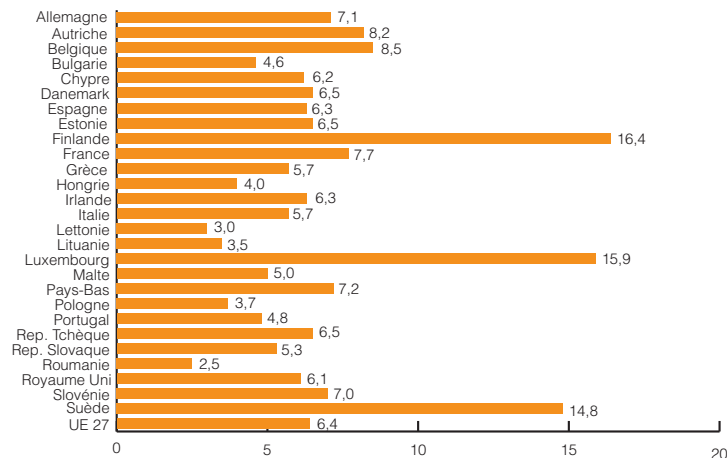
Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

Europe : consommation de biocarburants destinés au transport dans l'UE en 2010*
 Europe: biofuel consumption for transport in the European Union in 2010*

Ktep Ktoe	Bioethanol Bioethanol	Biodiesel Biodiesel	Autres** Others**	Consommation totale Total Consumption
Allemagne Germany	746,8	2 281,8	53,9	3 082,5
Autriche Austria	63,5	354,9	119,2	537,5
Belgique Belgium	52,1	305,9	-	358,0
Bulgarie Bulgaria	0,0	34,4	-	34,4
Chypre Cyprus	0,0	14,9	-	14,9
Danemark Denmark	34,2	0,8	-	35,0
Espagne Spain	233,2	1 192,6	-	1 425,8
Estonie Estonia	0,0	0,0	-	0,0
Finlande Finland	73,5	62,7	0,1	136,3
France	490,1	2 138,6	-	2 628,7
Grèce Greece	0,0	124,8	-	124,8
Hongrie Hungary	57,6	117,0	-	174,6
Irlande Ireland	27,3	79,2	2,0	108,6
Italie Italy	139,9	1 254,0	-	1 394,0
Lettonie Latvia	8,4	18,7	-	27,1
Lituanie Lithuania	10,4	34,7	-	45,1
Luxembourg	0,7	40,0	-	40,8
Malte Malta	0,0	0,9	-	0,9
Pays-Bas Netherlands	134,1	94,6	-	228,7
Pologne Poland	187,2	710,7	3,2	901,1
Portugal	0,0	326,0	-	326,0
Rép. Tchèque Czech Republic	61,3	172,5	-	233,8
Rép. Slovaque Slovak Republic	45,1	132,6	-	177,7
Roumanie Romania	45,1	185,6	-	230,7
Royaume-Uni United Kingdom	316,5	823,7	-	1 140,2
Slovénie Slovenia	2,9	41,7	-	44,6
Suède Sweden	203,9	198,3	49,4	451,6
Union européenne (27) European Union (27)	2 934,0	10 741,8	227,7	13 903,5

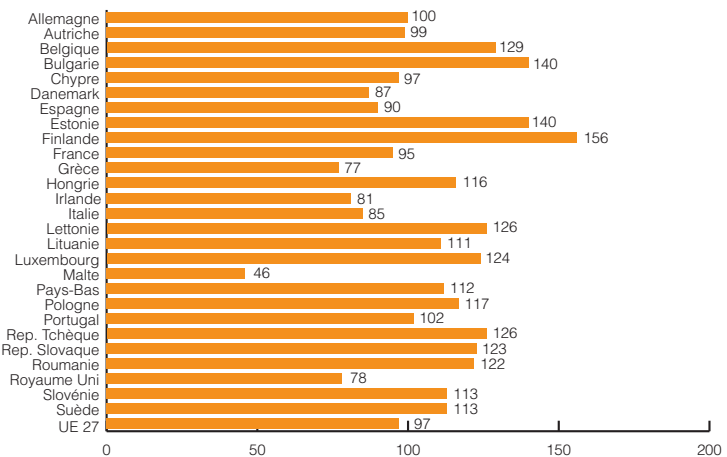
* Estimation
 ** Huiles végétales utilisées pures pour l'Allemagne, l'Autriche, l'Irlande, biogaz carburant pour la Suède et la Finlande
 ** Pure vegetable oils used for Germany, Austria, Ireland, biogas fuel for Sweden and Finland
 Source : EurObserver 2011

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



Source : Bilans Energétiques, AIE, éd 2010 Energy Balances, IEA, 2010 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 2010 Energy Balances, IEA, 2010 ed

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

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

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	%/an %/Year	Parts (%)	Share (%)
						1973-2010	1973	2010
Charbon <i>Coal</i>	28	31	19	14	11	-2,4	15,5	4,3
Pétrole <i>Oil</i>	122	107	88	95	82	-1,1	67,6	30,9
Gaz <i>Gas</i>	13	21	26	38	40	3,0	7,3	15,1
Electricité primaire ⁽¹⁾ <i>Primary electricity ⁽¹⁾</i>	8	22	83	109	115	7,6	4,3	43,3
Energies renouvelables thermiques et déchets <i>Thermal renewable energies and waste</i>	9	8	11	13	17	1,6	5,2	6,4
Total	180	190	228	269	266	1,1	100	100

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

Source : Bilan énergétique de l'année 2010 de la France, Service de l'Observation et des Statistiques

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

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

Mtep Mtoe	1973	1980	1990	2000	2010	%/an %/Year	Parts (%)	Share (%)
						1973-2010	1973	2010
Charbon <i>Coal</i>	18	13	10	7	6	-3,1	13,2	3,6
Pétrole <i>Oil</i>	85	78	71	74	66	-0,7	63,9	42
Gaz <i>Gas</i>	9	17	23	33	34	3,8	6,5	22
Electricité <i>Electricity</i>	13	18	26	34	38	2,9	9,7	24,1
Energies renouvelables thermiques <i>Thermal renewable energies</i>	9	8	11	11	14	1,3	6,7	9,1
Total	134	134	141	159	158	0,4	100	100

Source : Bilan énergétique de l'année 2010 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	%/an %/Year	Parts (%)	Share (%)
						1973-2010	1973	2010
Industrie <i>Industry</i>	48	45	38	39	35	-0,8	33,1	20,8
dont sidérurgie of which iron and steel industry	13	11	7	6	5	-2,4	8,6	2,9
Résidentiel- tertiaire <i>Residential-tertiary</i>	56	54	58	67	68	0,5	38,9	40,1
Agriculture	4	3	4	3	4	0,3	2,6	2,5
Transports	26	32	41	49	50	1,8	17,9	29,5
Total énergétique <i>Energy total</i>	134	134	141	158	158	0,4	92,4	92,9
Total non énergétique <i>Not energy total</i>	11	12	12	17	12	0,3	7,5	7,1
Total	145	146	153	175	170	0,4	100	100

Source : Bilan énergétique de l'année 2010 en France, Observatoire de l'énergie

France : scénario tendanciel DGEMP 2008 de demande énergétique

France: DGEMP 2008 primary energy demand scenario

(Mtep) (Mtoe)	Réalisé <i>Realized</i>		Scénario tendanciel <i>Business as usual scénario</i>			TCAM 2006-2030 <i>%/year 2006-2030</i>
	1990	2000	2006	2020	2030	%/an
Charbon <i>Coal</i>	19,2	14,2	12,4	10	10,3	-0,8
Pétrole <i>Oil</i>	88,8	95,5	91,8	90	91,2	0,0
Gaz naturel <i>Natural gas</i>	26,4	37,3	40,3	59,4	70,3	2,3
Electricité * <i>Electricity *</i>	83,4	109,2	117,6	129,4	133,5	0,5
dont d'origine renouvelable of which renewable			5,5	9,4	10	2,5
Autres renouvelables et déchets <i>other renewable & wastes</i>	12,1	13,3	13,1	18,4	20,7	1,9
Total énergie primaire <i>Total primary energy</i>	230	269	275	307	326	0,7

* Solde des échanges *Balance of imports and exports*

TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen

Source : DGEMP-OE, Minefi

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 (dont éolien : 4)	545	
2008	495	461	-47	53	68	418	9,6 (dont éolien : 5,6)	549	
2009	486	453	-25	55	62	390	12,2 (dont éolien : 7,8)	519	
2010	513	476	-30	59	68	408	15 (dont éolien : 9,6, photovoltaïque : 0,6)	550	

(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 (Energie électrique en France en 2010)

France : bilan de l'énergie en 2010

France: energy balance for 2010

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.		
2010											
Approvisionnement Supply											
Total disponibilités Total availability		11,5		65,3	17,7	42,3		115,7		17,9	270,4
Production énergie primaire Primary energy production		0,1		0,9	0,9	0,6		118,4		17,6	138,6
Importations Imports		10,9	0,9	64,1	40,4	41,9		1,7		0,4	160,2
Exportations Exports		-0,1	-0,1	-21,4	-2,5	-2,5		-4,3		-0,1	-28,5
Stocks (5)		-0,2	-0,0	0,3	0,3	2,3					2,6
Soutes maritimes internationales International marine bunkers				-2,4							-2,4
Emplois Employment											
Consommation branche énergie (A) Energy branch consumption (A)		8,0	-2,2	65,3	-59,4	4,7	0,4	-5,4	82,5	2,7	96,1
Raffinage Refining				64,6	-60,2	0,6		-0,1	0,3		5,2
Production d'électricité thermique Thermal electricity production		4,7			1,0	3,1	0,6	-5,3		1,8	5,9
Usages internes Internal uses		2,7	-2,2			0,5	-0,2		4,4	0,5	5,7
Pertes et ajustements Losses and adjustments		0,6		0,7	-0,2	0,0	-0,02		77,9	0,4	79,3
Consommation finale énergétique (corrigée du climat) (B) Final energy consumption (corrected for climate) (B)		2,7	2,9	65,5	34,5	-0,4		38,0	14,4	157,7	
Sidérurgie Steel industry		1,5	2,5		0,0	0,5	-0,4		0,9		5,0
Industries Industries		0,9	0,4		5,2	12,1			9,5	2,2	30,3

(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 111,68 Mtep **- nuclear 111,68 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, 2010, Observatoire de l'énergie

France : bilan de l'énergie en 2010 (suite)

France: energy balance for 2010

Mtep	Charbon		Pétrole		Gaz		Electricité		ENR th et déchets RF and waste	Total
	Mtoe	Coal	Oil	Gas	Electricity					
2010	Houille Lignite (1)	Coke, agglomérés Coke, briquettes	Brut	Raffiné	Naturel	Industriels	Prod. (2)	Cons. (3)	(4)	
	Hard coal lignite (1)	Coke, briquettes	Crude	Refined	Natural	Industrial				
Résidentiel-Tertiaire Residential-Tertiary	0,3	0,0		10,8	21,5			25,9	9,6	68,1
Agriculture				3,2	0,2			0,7	0,1	4,2
Transports (6)				46,3	0,1			1,1	2,6	50,1
Consommation finale non-énergétique (C) Final non-energy consumption (C)		0,1		10,7	1,3					12,0
Consommation totale d'énergie primaire (corrégée du climat) (A+B+C) Total primary energy consumption (corrected for climate) (A+B+C)		11,4		82,0	40,1			115,1	17,1	265,8

(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 111,68 Mtep - nuclear 111,68 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, 2010, Observatoire de l'énergie

PRODUCTION

Monde : capacités électriques installées au 1^{er} janvier 2007

World: electricity installed capacities as of 1st january of 2007

(GW) 01/01/2007	Thermique conventionnel	Hydraulique	Nucléaire	Renouvelables et déchets (hors hydraulique)	Total
	Conventional thermal	Hydroelectric	Nuclear	Renewable and waste (excepting hydro)	
Amérique du Nord (1) North America (1)	NA	161	115	33	NA
dont Etats-Unis of which United States	769	78	101	30	977
Amérique Latine Latin America	NA	NA	3	7	NA
dont Brésil of which Brazil	15	73	2	6	97
Europe	NA	NA	134	61	NA
dont UE 27 of which EU 27	NA		132	60	NA
dont France of which France	26	21	63	2	112
ex-URSS (2) FSU (2)	NA	NA	39	0	NA
Moyen-Orient Middle East	NA	NA	0	0	NA
Afrique Africa	NA	NA	2	0	NA
Asie & Océanie (3) Asia & Oceania (3)	NA	NA	84	24	NA
dont Chine of which China	484	129	8	3	624
dont Inde of which India	NA	35	4	8	NA
Pacifique OCDE (4) OECD Pacific (4)	NA	NA	96	35	NA
Total Monde World Total	NA	NA	377	126	NA

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

(2) Hors pays UE 27 Except EU 27 countries

(3) Hors pays Pacifique OCDE Except OECD Pacific countries

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

Source : base de données internet DOE-EIA

Production d'électricité d'origine nucléaire par pays fin 2010

Electricity generation from nuclear power plants by country at the end of 2010

Pays Countries	Production électrique totale (TWh nets) Net total generation	Production électrique nucléaire (TWh nets) Net nuclear generation	Part du nucléaire dans la production % Nuclear share
Afrique du Sud South Africa	249	12,9	5,18
Allemagne Germany	488	133,01	27,26
Argentine Argentina	113	6,69	5,91
Arménie Armenia	6	2,29	39,42
Belgique Belgium	89	45,73	51,16
Bésil Brazil	454	13,9	3,06
Bulgarie Bulgaria	43	14,24	33,13
Canada	567	85,5	15,07
Chine China	3 899	70,96	1,82
Corée du Sud South Korea	441	141,89	32,18
Espagne Spain	295	59,26	20,09
Etats-Unis USA	4 120	807,08	19,59
Finlande Finland	77	21,89	28,43
France	553	410,09	74,12
Hongrie Hungary	35	14,66	42,1
Inde India	719	20,48	2,85
Japon Japan	959	280,25	29,21
Mexique Mexico	156	5,59	3,59
Pakistan	98	2,56	2,6
Pays-Bas Netherlands	111	3,75	3,38
Rép.tchèque Czech Republic	79	26,44	33,27
Roumanie Romania	55	10,7	19,48
Royaume-Uni United Kingdom	363	56,85	15,66
Russie Russia	933	159,41	17,09
Slovaquie Slovakia	26	13,54	51,8
Slovénie Slovenia	14	5,38	37,3
Suède Sweden	146	55,73	38,13
Suisse Switzerland	67	25,34	38,01
Taiwan (Chine / China)	207	39,89	19,3
Ukraine Ukraine	174	83,95	48,11
Pays non nucléaires	4 723	0	0
Total	20 261 *	2 630	12,98

* Production d'électricité dans le Monde en 2008

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

Monde : production d'électricité par source en 2008

World: electricity generation by fuel for 2008

%	Charbon Coal	Pétrole Oil	Gaz naturel Natural gas	Nucléaire Nuclear	Hydraulique Hydro	Autres Others	Total
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	43,1	2,2	20,6	17,9	12,9	3,3	100
dont Etats-Unis of which USA	49,1	1,3	21,0	19	5,9	3,4	100
Amérique latine Latin America	3	14,7	13,7	2,0	63,0	3,2	100
dont Brésil of which Brazil	2,7	4	6,3	3	79,8	4,4	100
Europe OCDE OECD Europe	25,9	2,9	24,1	25,6	14,5	7,0	100
Europe non-OCDE Non OECD Europe	47,3	5,4	7,6	16,2	23,3	0,2	100
Union européenne 27 European Union 27	28,1	3,1	23,5	28,1	9,8	7,4	100
dont France of which France	4,8	1,1	4,2	77,1	11,2	1,7	100
Ex-URSS FSU	22,1	1,9	42,5	17,6	15,7	0,2	100
Moyen-Orient Middle East	4,6	36,2	58,0	0	1,2	0	100
Afrique Africa	41,9	11,9	28,3	2,1	15,3	0,5	100
Asie ⁽²⁾ Asia ⁽²⁾	46,8	8,7	25,5	3,1	13,6	2,3	100
dont Inde of which India	68,6	4,1	9,9	1,8	13,8	1,8	100
Chine China	78,9	0,7	1,2	2,0	16,7	0,5	100
Pacifique OCDE ⁽³⁾ OECD Pacific ⁽³⁾	37,5	8,7	22,7	22,5	6,2	2,4	100
Total Monde World Total	41	5,5	21,3	13,5	15,9	2,9	100
dont OCDE which OECD	36,4	3,5	22,1	21,3	12,3	4,4	100

(1) USA, Canada et Mexique USA, Canada & Mexico

(2) Hors Chine Exclusive of China

(3) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and New Zealand

Source : Bilans énergétiques, AIEA, éd 2010

Monde : production d'électricité

World: electricity generation

TWh	1990	2000	2008	%/an 1990-2008 %/year
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	3 801	4 828	5 254	2
dont Etats-Unis of which USA	3 203	4 026	4 344	2
Amérique latine Latin America	507	798	1 069	4
dont Brésil of which Brazil	223	349	463	4
Europe OCDE OECD Europe	2 632	3 200	3 602	2
Union européenne 27 European Union 27	2 568	2 997	3 341	1
dont France of which France	417	536	570	2
Europe non OCDE NonOECD Europe	196	178	206	0
Ex-URSS FSU	1 728	1 271	1 510	-1
Moyen-Orient Middle East	240	463	771	7
Afrique Africa	316	441	621	4
Asie Asia	1 273	2 628	5 329	8
dont : of which:				
Chine China	650	1 388	3 495	10
Inde India	289	562	830	6
Pacifique OCDE ⁽²⁾ Pacific OECD ⁽²⁾	1 127	1 587	1 820	3
Total Monde World total	11 821	15 395	20 181	3
dont OCDE of which OECD	7 560	9 614	10 676	2

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

(2) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan and New Zealand

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd. 2010

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

World: reference scenario* for electricity generation

	1990		2008		2015		2030	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Amérique du Nord ⁽¹⁾ North America ⁽¹⁾	3 801	32	5 253	26	5 521	23	6 420	18
Amérique latine Latin America	507	4	1 069	5	1 283	5	1 820	5
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	2 632	22	3 600	18	3 745	15	4 377	13
UE 27 EU 27	2 568	22	3 339	17	3 437	14	3 934	11
Economies en transition ⁽³⁾ Transition economies ⁽³⁾	1 924	16	1 713	8	1 848	8	2 379	7
Moyen-Orient Middle East	240	2	771	4	980	4	1 600	5
Afrique Africa	316	3	621	3	789	3	1 181	3
Asie non OCDE Non OECD Asia	1 273	11	5 337	26	8 323	34	14 617	42
dont Inde of which India	289	2	830	4	1 281	5	2 635	8
dont Chine of which China	650	5	3 495	17	5 721	23	9 586	28
Pacifique OCDE ⁽⁴⁾ OECD Pacific ⁽⁴⁾	1 127	10	1 820	9	2 023	8	2 322	7
Monde World	11 820	100	20 184	100	24 512	100	34 716	100
dont OCDE of which OECD	7 560	64	10 673	53	11 290	46	13 120	38
dont of which								
Charbon Coal	4 427	37	8 273	41	10 195	42	14 784	43
Pétrole Oil	1 338	11	1 104	5	791	3	625	2
Gaz Gas	1 726	15	4 303	21	5 199	21	7 419	21
Nucléaire Nuclear	2 013	17	2 731	14	3 139	13	3 992	11
Hydraulique Hydro	2 145	18	3 208	16	3 844	16	4 834	14
Biomasse et déchets Biomass & Waste	131	1	267	1	405	2	825	2
Autres renouvelables Other renewables	42	0,4	298	1,5	940	3,8	2 237	6,4

(1) Etats-Unis, Canada, Mexique USA, Canada, Mexico

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, République Tchèque, Suisse et Turquie
European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Czech Republic, Switzerland and Turkey

(3) Ex-Yougoslavie + ex-URSS (hors Hongrie, Pologne, République Tchèque) + Chypre, Malte et Gibraltar (pour des raisons statistiques)

Ex-Yougoslavia + FSU (exclusive of Hungary, Poland, Czech Republic) + Cyprus, Malta & Gibraltar (for statistical reasons)

(4) Australie, Corée du Sud, Japon et Nouvelle Zélande Australia, South Korea, Japan & 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 2010, AIE

Europe : évolution de la production électrique

Europe: evolution of electricity generation

TWh	1973	1980	1990	2000	2008	%/an %/year 1973-2008	%/an %/year 2000-2008
Allemagne <i>Germany</i>	374	466	548	572	631	1,5	1,2
Autriche <i>Austria</i>	31	42	49	60	64	2,1	0,9
Belgique <i>Belgium</i>	41	53	70	83	84	2,1	0,1
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	22	35	42	41	45	2,0	1,2
Chypre <i>Cyprus</i>	0,8	1	2	3,4	5,1	5,4	5,3
Danemark <i>Denmark</i>	19	27	26	36	36	1,9	0,1
Espagne <i>Spain</i>	76	109	151	222	311	4,1	4,3
Estonie <i>Estonia</i>			17	8,5	10,6		2,8
Finlande <i>Finland</i>	26	41	54	70	77	3,2	1,3
France	183	257	417	536	570	3,3	0,8
Grèce <i>Greece</i>	15	23	35	53	63	4,2	2,2
Hongrie <i>Hungary</i>	18	24	28	35	40	2,4	1,6
Irlande <i>Ireland</i>	7	11	14	24	29	4,0	2,7
Italie <i>Italy</i>	144	184	213	270	314	2,2	1,9
Lettonie <i>Latvia</i>			7	4	5		3,1
Lituanie <i>Lithuania</i>			28	11,1	13,3		2,3
Luxembourg	1,4	0,9	0,6	0,4	0,3	-4,6	-5,6
Malte <i>Malta</i>	0,4	0,5	1	1,9	2	5,4	2,4
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	53	65	72	90	108	2,1	2,3
Pologne <i>Poland</i>	84	121	134	143	156	1,8	1,0
Portugal	10	15	28	43	45	4,5	0,6
Rép. slovaque <i>Slovak Republic</i>	12	20	25	31	29	2,5	-0,9
Rép. tchèque <i>Czech Republic</i>	41	53	62	73	83	2,0	1,7
Roumanie <i>Romania</i>	47	67	64	52	65	0,9	2,8
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	281	284	318	374	385	0,9	0,4
Slovénie <i>Slovenia</i>			12	13,6	16		2,3
Suède <i>Sweden</i>	78	96	146	145	150	1,9	0,4
UE (27) EU (27)	1 564	1 995	2 567	2 996	3 339	2,2	1,4

Source : Bilans énergétiques, AIE, éd 2010

Europe : part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute d'énergie finale en 2009* et objectifs 2020

Europe: share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy in 2009* and national overall targets in 2020

	2009	2020
Allemagne <i>Germany</i>	9,7 %	18 %
Autriche <i>Austria</i>	29,2 %	34 %
Belgique <i>Belgium</i>	3,8 %	13 %
Bulgarie <i>Bulgaria</i>	11,5 %	16 %
Chypre <i>Cyprus</i>	3,8 %	13 %
Danemark <i>Denmark</i>	19,7 %	30 %
Espagne <i>Spain</i>	13,0 %	20 %
Estonie <i>Estonia</i>	22,7 %	25 %
Finlande <i>Finland</i>	29,8 %	38 %
France	12,4 %	23 %
Grèce <i>Greece</i>	7,9 %	18 %
Hongrie <i>Hungary</i>	9,5 %	13 %
Irlande <i>Ireland</i>	5,1 %	16 %
Italie <i>Italy</i>	7,8 %	17 %
Lettonie <i>Latvia</i>	36,8 %	40 %
Lituanie <i>Lithuania</i>	16,9 %	23 %
Luxembourg	2,8 %	11 %
Malte <i>Malta</i>	0,7 %	10 %
Pays-Bas <i>Netherlands</i>	4,2 %	14 %
Pologne <i>Poland</i>	9,4 %	15 %
Portugal	25,7 %	31 %
Rep. Tchèque <i>Czech Republic</i>	8,5 %	13 %
Rep. Slovaque <i>Slovak Republic</i>	10,0 %	14 %
Roumanie <i>Romania</i>	21,6 %	24 %
Royaume-Uni <i>United Kingdom</i>	2,9 %	15 %
Slovénie <i>Slovenia</i>	17,5 %	25 %
Suède <i>Sweden</i>	50,2 %	49 %
Union européenne 27 European Union 27	11,6 %	20 %

* Chiffres provisoires

* Preliminary data

Source : EurObserver 2011

France : production d'énergie renouvelable*

France: renewable energy production*

	2004		2005		2006		2007		2008	
	Électricité Electricity (GWh)	Thermique Thermal (ktep)	Électricité Electricity (GWh)	Thermique Thermal (ktep)	Électricité Electricity (GWh)	Thermique Thermal (ktep)	Électricité Electricity (GWh)	Thermique Thermal (ktep)	Électricité Electricity (GWh)	Thermique Thermal (ktep)
Hydraulique Hydroelectricity	61 426		57 497		57 707		59 792		65 518	
Eolien Wind	629		2 191		2 230		4 116		5 774	
Solaire Solar	27	32	54	46	25	32	35	38	62	70
Géothermie Geothermal energy	29	130	78	130	29	114	95	109	89	114
Pompes à chaleur Heat pump		321		437		286		348		460
Déchets urbains renouvelables Renewable municipal waste	1 621	358	1 530	322	1 595	310	1 793	319	1 887	325
Bois et déchets de bois Wood and wood-residue	1 332	8 875	1 433	8 670	1 250	7 795	1 330	7 621	1 357	8 025
Résidus de récolte Crop residue	366	203	463	234	366	168	415	168	355	166
Biogaz Biogas	446	55	503	54	527	55	625	56	691	57
Biocarburants Bio-motorfuels		419		669		700		1 164		2 100
Total	65 875	10 394	63 748	10 562	63 828	9 641	68 202	9 821	75 733	11 317
Total en ktep ⁽¹⁾	16 082		16 104		14 792		15 760		17 846	
Total in ktep ⁽¹⁾	16 082		16 104		14 792		15 760		17 846	

* Métropole + DOM mother country + Overseas Departments

(1) Rappel : la conversion des kWh électriques se fait selon 1 GWh = 0,086 ktep excepté pour la géothermie où l'équivalence est 1GWh = 0,86 ktep.

Source : La production d'énergie d'origine renouvelable en France en 2008. DGEMP - Observatoire de l'énergie.

France : bilan électrique

France: electricity balance

	2006		2007		2008		2009		2010	
	TWh net	%	TWh net	%	TWh net	%	TWh net	%	TWh net	%
Production nette Net Production	549	100	545	100	549	100	519	100	550	100
Thermique nucléaire Nuclear	429	78,1	419	76,8	418,3	76,2	390,0	75,1	407,9	74,1
Thermique classique Conventional thermal	54	9,8	55	10,1	53,2	9,7	54,8	10,6	59,4	10,8
Hydraulique Hydro	61	11,1	63	11,6	68,0	12,4	61,8	11,9	68	12,4
Autres sources d'énergie renouvelables	6	1	8	1	10	2	12,2	2,4	15	2,7
dont éolien	2	0,4	4	0,7	5,6	1,0	7,8	1,5	9,6	1,7
Consommation intérieure	478		480		495		486		513	
Pertes Losses	32	6,7	32	6,7	33,5	6,8	33,6	6,9	37	7,2
Consommation nette Net consumption	446	93,3	448	93,3	461,0	93,2	452,8	93,1	476,1	92,8
Pompage Pumping storage	7		8		7		7		7	
Solde Import-Export Import-Export balance	63		57		48		26		31	

Source : Energie Electrique en France, RTE, éd 2010

France : production d'électricité thermique par catégorie de combustibles*

France: thermal electricity production by fuel *

	Production thermique nette (TWh) Net Thermal generation	Combustible utilisé (%) Fuel used (%)				
		Minéraux solides Mineral solid fuels	Fioul Oil	Gaz naturel Natural gas	Autres ⁽¹⁾ Other	Nucléaire Nuclear
1950	17	80,6	6,2	0	13,2	0
1955	24	77,1	7,6	0	15,3	0
1960	32	66,2	7,8	11,2	14,4	0,4
1965	55	65,9	18,4	5,5	8,6	1,6
1970	84	45	34,1	7,4	7,4	6,1
1975	119	25,7	44	9,6	6	14,7
1980	177	15,3	25,5	3,3	4,3	32,8
1985	265	14,4	2	1,1	2,1	80,4
1990	343	8,5	2,1	0,8	1,7	86,9
1995	396	5,8	1,5	0,8	1,5	90,8
2000	445	5,8	0,5	5	0,9	87,8
2006	463	4,6	0,8	1,6	0,5	92,6
2007	455	5,1	0,7	1,7	0,4	92,1
2008	453	4,7	0,7	1,8	0,5	92,3
2009	427	4,8	0,6	2,8	0,4	91,4

* Injectée sur le réseau RTE Injected on RTE network

(1) Gaz dérivés et divers

Source : RTE (Statistiques de l'Energie électrique en France - éd 2009)

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

Source : Statistiques de l'énergie en France, RTE, éd. juillet 2010

**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		UO ₂ enrichi Enriched UO ₂
	MGUNGG	CO ₂	Magnox gas cooled	Graphite	U naturel Natural U
	HTR (GT-MHR, PBMR)	He	High temperature		UO ₂ , UC ₂ , ThO ₂ ...
Eau lourde Heavy water	PHWR	Eau lourde Heavy water	Sous pression Pressurized	Eau lourde Heavy water	UO ₂ naturel ou enrichi Natural or enriched UO ₂
Eau ordinaire Light water	BWR (ABWR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Eau ordinaire Light water	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂ ou or
	PWR (APWR, WWER)	Eau ordinaire Light water	Sous pression Pressurized		UO ₂ enrichi et Mox Enriched UO ₂ and MOX
Neutrons rapides Fast reactor	Surgénérateur Breeder	Sodium			UO ₂ enrichi - PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂
Eau graphite Water graphite	RBMK (LWGR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Graphite	UO ₂ enrichi Enriched UO ₂
Eau ordinaire - eau lourde Light water - heavy water	HWLWR (ATR)	Eau ordinaire Light water	Bouillante Boiling	Eau lourde Heavy water	UO ₂ enrichi - PuO ₂ Enriched UO ₂ - PuO ₂

ABWR, APWR, GT-MHR, PBMR : modèles avancés de réacteurs (Advanced reactor type).
Source : CEA - 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 mixtes 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 01/01/2011

58 unités installées représentant 63 GWe

Nuclear power plants in France - Status as of 2011/01/01

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
	<i>Chinon-B-3</i>	920	1987
	Flamanville-2	1 330	1987
	Cattenom-1	1 300	1987
	Cattenom-2	1 300	1988
	Nogent-1	1 310	1988
	<i>Chinon-B-4</i>	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
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⁾

	2010	2015 ⁽¹⁾	2020 ⁽¹⁾
Puissance électronucléaire nette installée (GWe) Installed nuclear capacity	63,1	64,7	66,3
Production nette d'électricité nucléaire (TWh) Nuclear electricity generation	407,9	440-445	440-450
Besoins en uranium naturel (tU/an) Natural Uranium requirements	8 000	8 000	8 400
Besoins en services d'enrichissement (10 ³ UTS/an) Enrichment requirements	6 000	6 000	6 240
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	1 100
• 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	1 220

(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 2010

Principales caractéristiques d'un réacteur à neutrons rapides

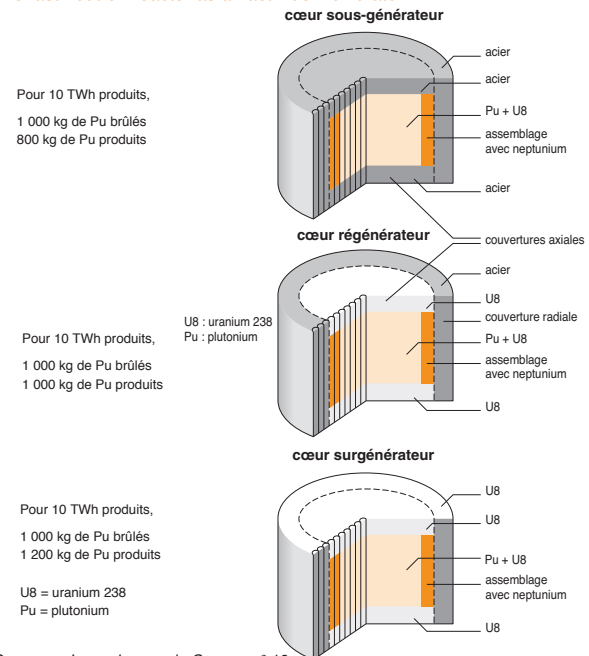
Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) ont été développés pour leur capacité à transformer l'uranium 238, non fissile, qui constitue plus de 99 % de l'uranium naturel, en plutonium fissile.

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 de 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

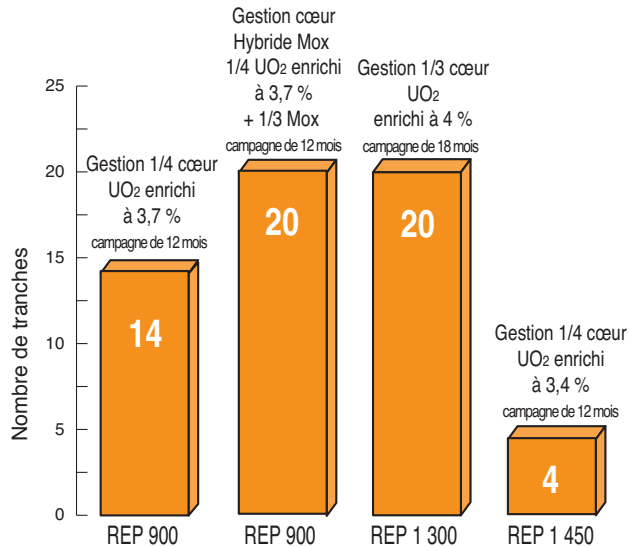


Source : « Les colonnes de Creys » n° 10

CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

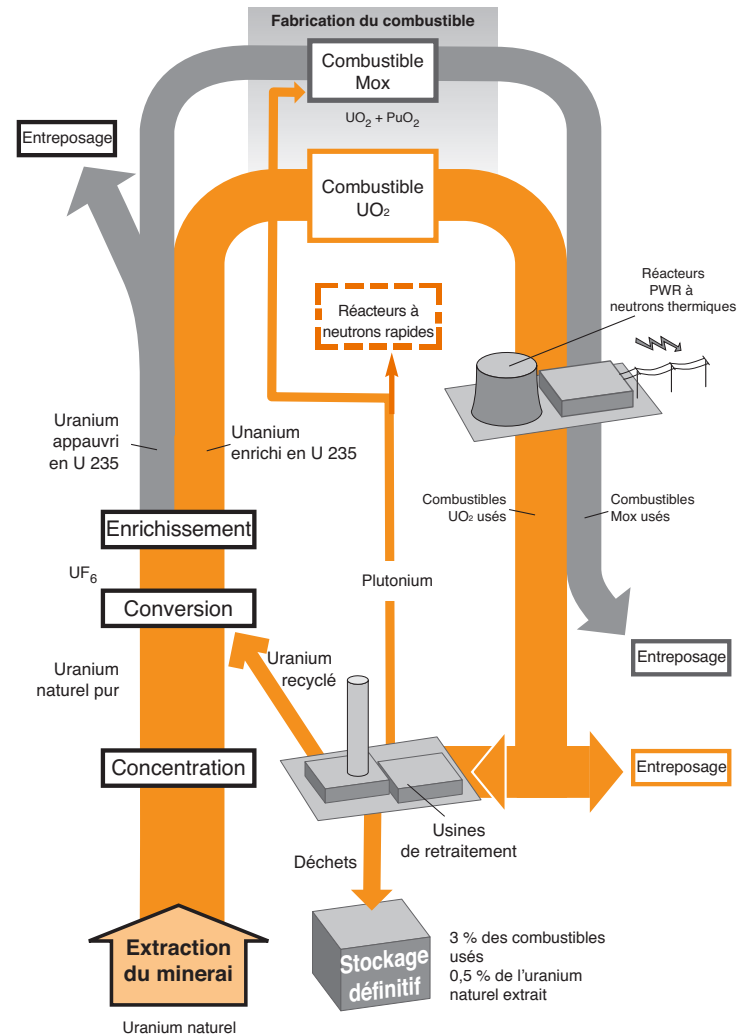
L'uranium naturel extrait du minerai est constitué de 99,3 % d'uranium 238, inerte, et de 0,7 % d'uranium 235, seul susceptible de produire de l'énergie par fission. L'enrichissement permet d'obtenir un combustible UO_2 (oxyde d'uranium) dont la teneur en isotope 235 est portée à environ 3,5 %. Pendant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

	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Tonnes U	59 100	de 65 410 à 68 860	de 71 965 à 79 650	de 76 920 à 91 445	de 86 325 à 107 480	de 87 790 à 126 665

Source : Uranium 2009. Resources, Production and Demand. AEN

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

World: Uranium enrichment capacity

Pour l'ensemble du monde, les capacités nominales de production étaient de 56 MUTS en 2001 pour des besoins estimés de 32 MUTS. L'offre se répartissait conformément au tableau suivant (MUTS/an).

Sociétés	Pays	Procédé	Capacité
USEC	USA	Diffusion	18,8
MINATOM	Russie	Centrifugation	20
EURODIF	France	Diffusion	10,8
URENCO	Allemagne + Pays-Bas + Royaume-Uni	Centrifugation	4,5
JNFL/PNC	Japon	Centrifugation	1
CNNC	Chine	Diffusion	0,8
		Centrifugation	0,4
Autres	Argentine + Brésil + Pakistan	Diffusion/Tuyère/Centrifugation	0,035
Total			56,335

Source : CEA/DEN - AREVA

L'usine Georges Besse d'Eurodif représente le tiers de la capacité d'enrichissement actuelle dans le monde hors ex-URSS. L'usine est alimentée en électricité par trois des quatre tranches nucléaires du Tricastin. Elle peut assurer l'enrichissement des recharges annuelles de combustible d'environ 100 tranches de réacteurs de 1 000 MWe.

Quantité d'uranium naturel et unités de travail de séparation nécessaires pour obtenir 1 kg d'uranium enrichi à un taux donné en fonction de la teneur en rejet

Natural uranium and separative work units required to obtain 1 kg of enriched uranium at a given yield as a function of the depletion yield

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

Source : CEA

Les procédés d'enrichissement isotopique de l'uranium

Afin de prendre la relève de la diffusion gazeuse, la France et les Etats-Unis ont travaillé sur de nouveaux procédés d'enrichissement comme la séparation isotopique par laser.

Grâce à de récents développements technologiques, l'ultracentrifugation gazeuse retrouve un intérêt économique.

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

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

Type de combustible	Capacités 2009	Besoins		
		2009	2015	2020
BWR	1 150 ⁽⁶⁾	724 ⁽¹⁾	1 412 ⁽¹⁾	268 ⁽⁴⁾
FBR MOX	4,5	0,8	non connu	5 ⁽²⁾
GCR (Magnez et AGR)	300	non connu	125	60
HWR	400 ⁽⁸⁾	1 910	2 200	2 310
LWR	650 ⁽⁵⁾	2 711 ⁽³⁾	2 686 ⁽³⁾	2 891 ⁽³⁾
PWR	3 224 ⁽⁶⁾	2 128 ⁽⁶⁾	2 798 ⁽⁶⁾	2 404 ⁽⁷⁾
LWR MOX	195	149	135 ⁽²⁾	120 ⁽²⁾
Total	5 923⁽⁸⁾	7 622	9 356	8 058⁽²⁾

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

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

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

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

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

(6) Hors USA - **Except USA**

(7) Hors Japon, UK, USA - **Except Japan, UK and USA**

(8) Hors Canada et USA - **Except Canada and USA**

Hors : données non disponibles - **Except : no available data**

Source : Données sur l'énergie nucléaire, AEN éd. 2010

Usines de traitement des combustibles usés

Used fuel reprocessing units

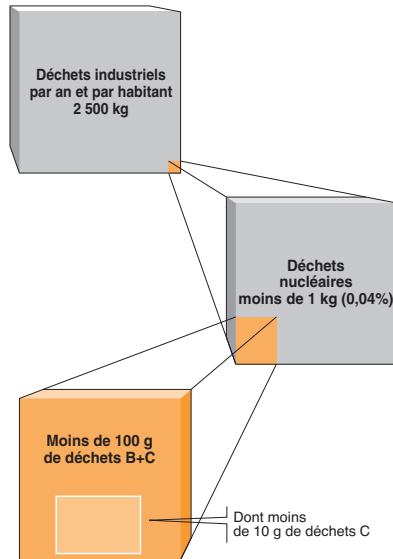
Pays	Site	Capacité t/an	Combustible	Mise en service
Capacités existantes				
	France	La Hague UP2 La Hague UP3	800 800	oxyde oxyde
Royaume-Uni	Sellafield (Thorp) ⁽¹⁾	900	oxyde	1994
Inde	Tarapur	60	filière eau lourde ou oxyde	1982
Russie	Chelyabinsk ⁽²⁾	400	oxyde	1984
Réalisations en cours				
Inde	Kalpakkam	100	filière eau lourde	
Japon	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 (pincés 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,	0,25
Sr, Ba	2,5	In, Sn, Sb	
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

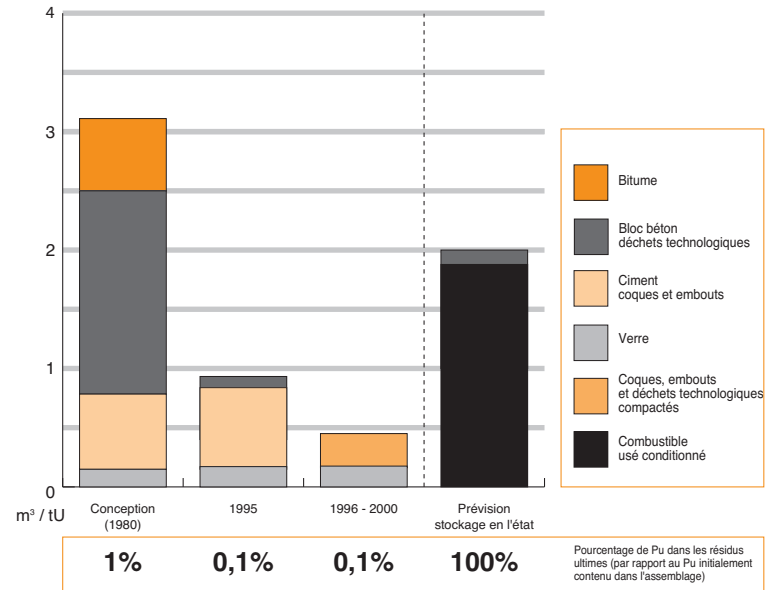
Source : AREVA

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

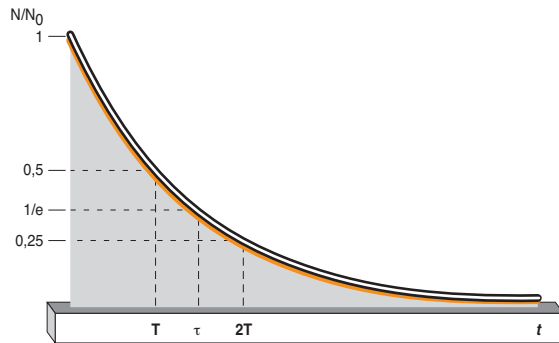
Grandeurs	Unités	Équivalences	Définitions
ACTIVITÉ	Becquerel (Bq)	1 Bq = 27 picocuries	Grandeur représentant le nombre de désintégrations par seconde au sein d'une matière radioactive
	Curie (Ci)	1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq	
DOSE ABSORBÉE	Gray (Gy)	1 Gy = 1 joule/kg = 100 rad	Quantité d'énergie communiquée 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 décré 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)

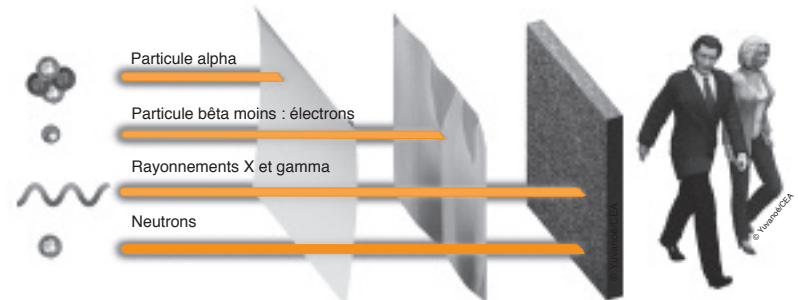
Pénétration faible. Ils parcourent quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons.

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.



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'**AEEN**, 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 Commissions locales d'information ;
- instituer un Haut comité de la transparence ;
- encadrer les autorisations des activités nucléaires et leur contrôle.

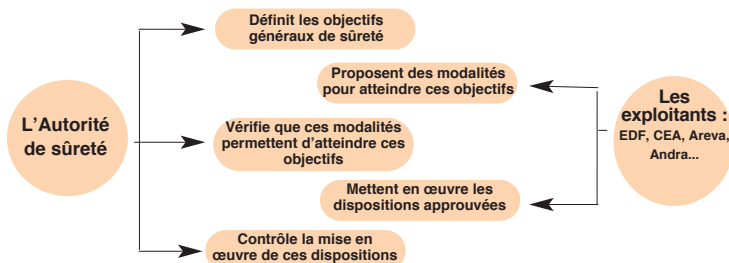
L'Autorité de sûreté

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

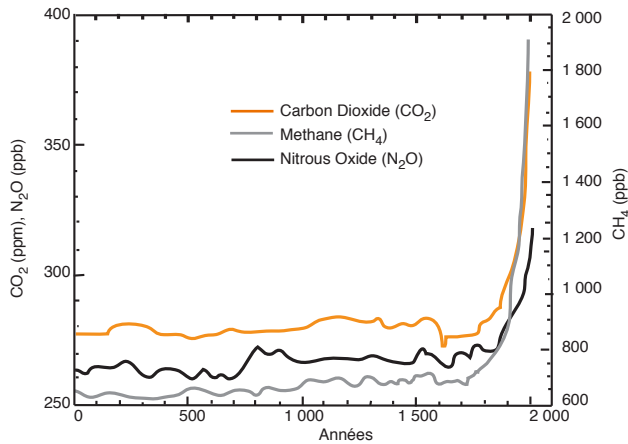
Qu'est-ce que l'effet de serre ?

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)



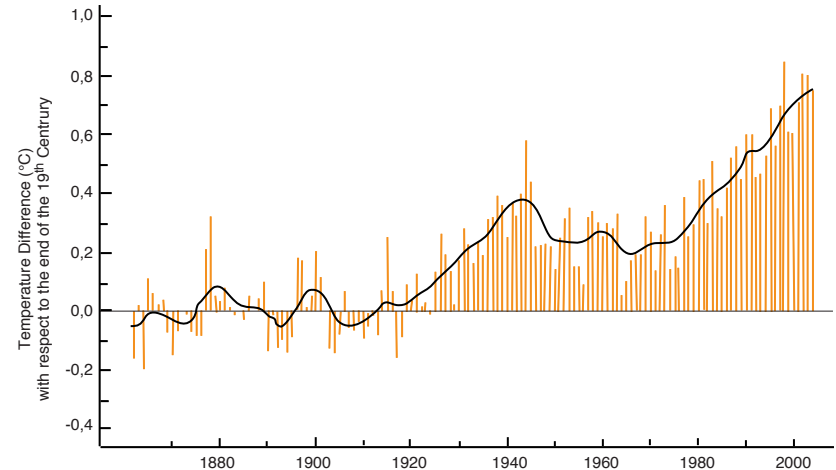
ppm = partie par million
ppb = partie par milliard (billion en anglais)

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 du niveau à l'équilibre de CO₂équiv de l'augmentation de la température globale moyenne d'équilibre à la surface terrestre par rapport au niveau pré-industriel (°C)

Estimations according to CO₂équiv equilibrium of the global average Earth's surface temperature increasing compared to pre-industrial level (°C)

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

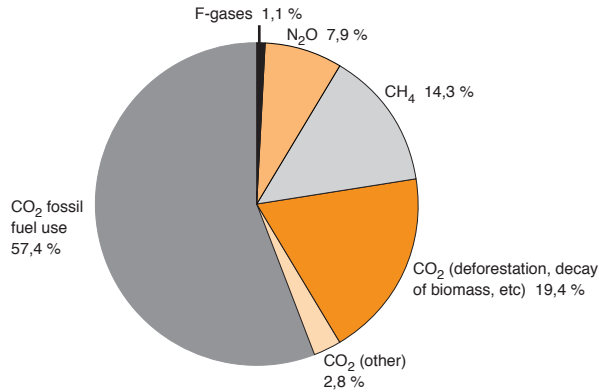
* probabilité > 0,9

** probabilité > 0,66

Source : GIEC 2007

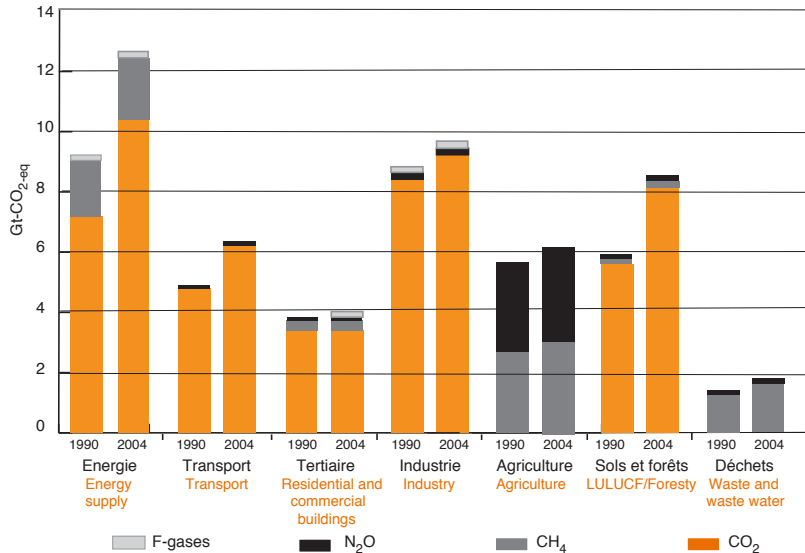
Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropogénique en 2004 (GIEC 2007)

World anthropogenic greenhouse gases emissions in 2004 (IPCC 2007)



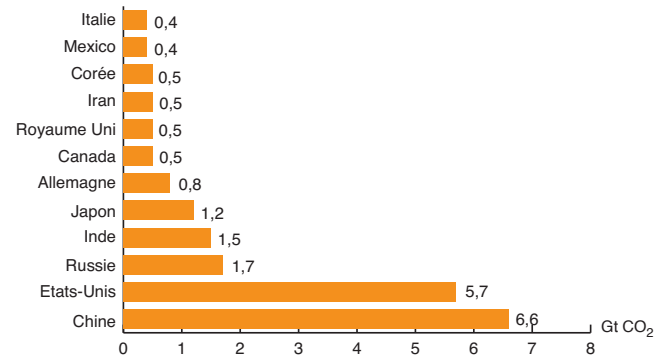
Emissions de gaz à effet de serre par secteur en 1990 et 2004 (GIEC 2007)

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



Les plus gros émetteurs de CO₂ en 2008

The 10 biggest CO₂ emitters in 2008



Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd. 2010

Emissions types de la production électrique

(Valeurs pour les kWh d'EDF*)

Filières	Emissions** (g équiv. CO ₂ /kWh)
Eoliennes ***	12
Nucléaire	4
Hydraulique fil de l'eau	6
Hydraulique retenue	7
Hydraulique pompage	109
TAC (turbine à combustion)	1 200
Diesels	897
Charbon 600 MW (avec désulfuration)	1 010
Fioul	1 080
Charbon 250 MW (sans désulfuration)	1 058

* 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 Ecolnvent.

Source : Profil Environnemental du kWh EDF; EDF 05/2011 ; coefficients 2011 d'après données filières 2009 sur www.edf.fr

Principaux événements 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 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.

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.

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 réunissent à Kyoto du 2 au 11 décembre 1997 pour adopter un protocole international de lutte contre l'effet de serre (réchauffement planétaire).

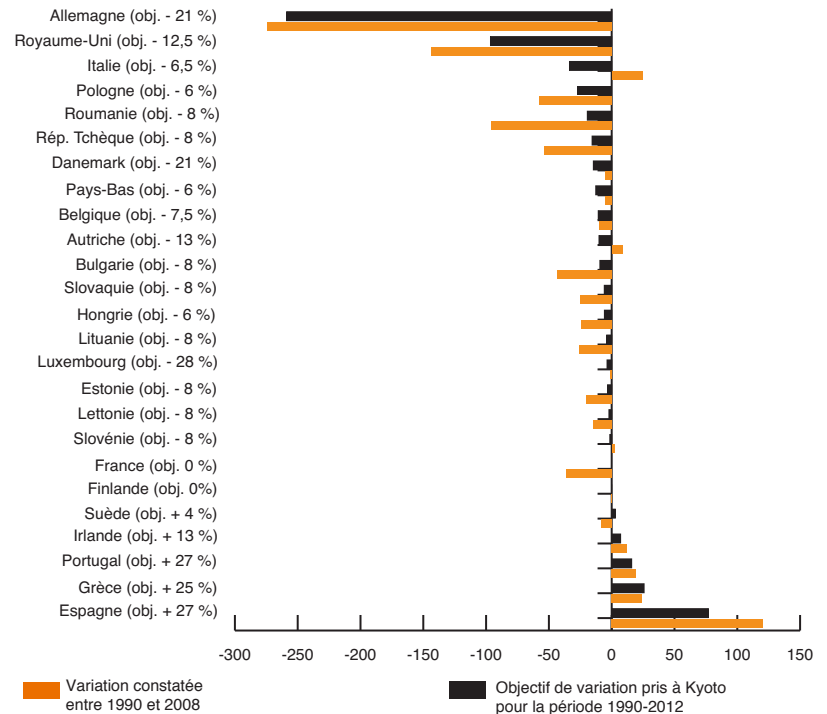
Les pays dits de "l'annexe B" s'engagent à une réduction globale de 5,5 % de leurs émissions de gaz à effet de serre par rapport à celles de 1990 pendant la période [2008 – 2012]. Les objectifs sont différenciés par pays selon le tableau ci-contre et couvrent six gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), ainsi que trois substitués des chlorofluorocarbures (CFC, interdits par le protocole de Montréal sur la protection 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.

« L'Annexe B » est issue de « l'Annexe 1 » de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (New-York 1992) signée à Rio la même année. Certains pays ne sont pas dans l'Annexe B mais étaient dans l'Annexe I (Biélorussie et Turquie). Le protocole ne pouvait entrer en vigueur qu'à la condition d'avoir 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 ». Après l'adhésion de la Russie en novembre 2004, le Protocole de Kyoto entre en vigueur en février 2005. Pour faciliter la réalisation de ses objectifs, 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://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/serre/textes/se_kyoto.htm)

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)



Source : Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe, 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 Europ 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 équivalent) 2012 maximum emissions	Emissions 2008 2008 emissions	Situation 2008 par rapport à l'année de référence (%) Situation 2008 compared to reference year
Allemagne Germany	1 232	- 21	973	958,1	- 22,2
Autriche Austria	78	- 13	68	86,6	10,7
Belgique Belgium	143	- 7,5	133	133,3	- 7,0
Danemark Denmark	69	-21	54	63,8	- 7,4
Espagne Spain	285	15	328	405,7	42,3
Finlande Finland	70	0	70	70,1	- 0,4
France	563	0	563	527	- 6,4
Grèce Greece	103	25	129	126,9	22,8
Irlande Ireland	55	13	62	67,4	23,0
Italie Italy	517	- 6,5	483	541,5	4,7
Luxembourg	13	- 28	9	12	- 8,4
Pays-Bas Netherlands	212	- 6	199	206,9	- 2,4
Portugal	59	27	75	78,4	32,2
Royaume-Uni UK	772	- 12,5	675	628,2	- 18,6
Suède Sweden	72	4	75	64	- 11,6
Communauté européenne 15 European Community 15	4 245	- 8	3 905	3 970	- 6
Bulgarie * Bulgaria *	117	- 8	108	73,5	-37,4
Chypre ** Cyprus **	5	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	10,2	92,5
Estonie Estonia	41	- 8	38	20,3	- 50,2
Hongrie * Hungary *	97	- 6	92	73,1	- 24,9
Lettonie Latvia	27	- 8	25	11,9	- 55,6
Lituanie Lithuania	50	- 8	46	24,3	- 51,1
Malte ** Malta **	2	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	3	36,4

Source : Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe, EEA

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 équivalent) 2012 maximum emissions	Emissions 2008 2008 emissions	Situation 2008 par rapport à l'année de référence (%) Situation 2008 compared to reference year
Pologne * Poland *	453	- 6	426	395,6	- 12,7
Rép. Tchèque Czech Republic	195	- 8	180	141,4	- 27,6
Roumanie * Romania *	242	- 8	223	145,9	- 39,7
Slovaquie Slovak Republic	74	- 8	68	48,8	- 34,0
Slovénie * Slovenia *	19	- 8	17	21,3	15,1
Union européenne 27 ** European Union 27**	5 567	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	4 939	- 11
Croatie Croatia	31	- 5	30	31	- 1
Islande Iceland	3	10	4	5	44
Liechtenstein	0	- 8	0	0	0
Norvège Norway	50	1	50	54	8
Suisse Switzerland	53	- 8	49	53	0
Turquie Turkey	187	pas d'objectif no objective	pas d'objectif no objective	367	96

* 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), Romania (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.

Nota: : les estimations de la Communauté européenne sont notifiées indépendamment de celles de ses Etats membres. Estimations of the European Community are notified independently of its member states .

Source : Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe, EEA

Monde : évolution des émissions de CO₂ *

World: evolution of CO₂ emissions *

Mt CO ₂ Mt of CO ₂	1971	1980	1990	2000	2008	%/an 1971- 2008 %/year	%/an 1990- 2008 %/year	% 1990- 2008 %
Amérique du Nord OCDE ⁽¹⁾ OECD North America ⁽¹⁾	4 713	5 434	5 574	6 538	6 649	0,9	1,0	19,3
dont Etats-Unis of which USA	4 275	4 763	4 860	5 676	5 684	0,8	0,9	16,9
Amérique latine Latin America	373	578	634	878	1 073	2,9	3,0	69,3
dont Brésil of which Brazil	94	190	205	311	368	3,8	3,3	79,7
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	3 728	4 223	3 985	3 971	4 039	0,2	0,1	1,4
Union européenne 27 European Union 27	-	-	4 132	3 875	3 895		-0,3	-5,7
dont France of which France	435	473	367	361	374	-0,4	0,1	1,9
Europe non-OCDE ⁽³⁾ Non OECD-Europe ⁽³⁾	247	375	390	239	272	0,3	-2,0	-30,3
Ex-URSS ⁽⁴⁾ FSU ⁽⁴⁾	2 369	3 243	3 844	2 305	2 535	0,2	-2,3	-34,0
Moyen-Orient Middle East	131	352	570	976	1 512	6,8	5,6	165,2
Afrique Africa	246	405	601	753	996	3,9	2,8	65,5
Asie Asie	1 316	2 244	3 715	5 260	9 686	5,5	5,5	160,7
dont Chine of which China	877	1 504	2 402	3 094	6 603	5,6	5,8	174,8
dont Inde of which India	198	293	600	983	1 459	5,5	5,1	143,3
Pacifique OCDE ⁽⁵⁾ OECD Pacific ⁽⁵⁾	982	1 268	1 597	2 000	2 144	2,1	1,6	34,3
Monde World	14 618	18 666	21 523	23 744	29 939	2,0	1,9	39,1
dont OCDE of which OECD	9 423	10 925	11 156	12 509	12 832	0,8	0,8	15,0
dont soutes maritimes of which marine bunkers	345	344	355	469	578	1,4	2,8	63,0
dont soutes aéronautiques of which aviation bunkers	169	201	258	354	455	2,7	3,2	76,1

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

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

(2) Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Slovaque, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Turquie. Germany, Austria, Belgium, Denmark, Spain, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Iceland, Italy, Luxembourg, Norway, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Czech Republic, United Kingdom, Sweden, Switzerland, Turkey.

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

(4) Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Estonie, Georgie, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Moldavie, Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine et Ouzbékistan Armenia, Azerbaijan, Belarus, Estonia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine & Uzbekistan

(5) Australie, Japon, Corée et Nouvelle Zélande Australia, Japan, Korea and New Zealand

Source : CO₂ Emission from fuel combustion, AIE, éd. 2010

Monde : émissions de CO₂ par habitant provenant des combustibles fossiles

World: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

t CO ₂ / habitant t CO ₂ / capita	1971	1980	1990	2000	2008
Amérique du Nord OCDE ⁽¹⁾ OECD North America ⁽¹⁾	16,9	16,7	15,5	16,0	14,8
dont Etats-Unis of which USA	20,7	20,5	19,5	20,2	18,4
Amérique latine Latin America	1,5	1,9	1,7	2,1	2,3
dont Brésil of which Brazil	0,9	1,5	1,3	1,7	1,9
Europe OCDE ⁽²⁾ OECD Europe ⁽²⁾	8,1	8,7	7,9	7,6	7,4
Union européenne 27 European Union 27	-	-	8,6	7,9	7,7
dont France of which France	8,2	8,4	6,1	6,2	5,7
Europe non-OCDE ⁽³⁾ Non OECD Europe ⁽³⁾	4,7	6,4	6,4	4,3	5,1
Ex-URSS ⁽⁴⁾ FSU ⁽⁴⁾	8,2	11,5	12,7	7,7	8,5
Moyen Orient Middle East	1,9	3,7	4,5	5,9	7,5
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	1,4
dont Inde of which India	0,4	0,4	0,7	1,0	1,3
Chine China	1,0	1,4	2,0	2,4	4,9
Pacifique OCDE ⁽⁴⁾ OECD Pacific ⁽⁴⁾	6,3	7,1	8,4	10,0	10,3
Monde World	3,8	4,1	4,0	3,9	4,4
OCDE OECD	10,6	11,1	10,6	11,1	10,6

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

(2) Union Européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, République Slovaque, République Tchèque, Suisse et Turquie

European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Czech Republic, Slovak Republic, Switzerland and 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) Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Estonie, Georgie, Kazakhstan, Kirgizstan, Lettonie, Lituanie, Moldavie, Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine et Ouzbékistan Armenia, Azerbaijan, Belarus, Estonia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine & Uzbekistan

(5) Australie, Japon, Corée et Nouvelle Zélande Australia, Japan, Korea and New Zealand

Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd. 2010

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\$2000 selon PPA kg CO ₂ / US\$ using 2000 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2008
Amérique du Nord OCDE (1) OECD North America (1)	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5
dont Etats-Unis of which USA	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5
Amérique latine Latin 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)	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3
Union européenne 27 European Union 27	-	-	0,5	0,4	0,3
dont France of which France	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2
Europe non OCDE (3) Non-OECD Europe (3)	1,4	1,1	1,0	0,6	0,5
Ex-URSS (4) FSU (4)	1,2	1,2	1,5	1,5	1,0
Moyen Orient Middle East	0,3	0,4	0,8	0,9	0,9
Afrique Africa	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Asie hors Chine Asia exclusive of China	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
dont Inde of which India	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
Chine China	1,7	1,7	1,1	0,6	0,6
Pacifique OCDE (5) OECD Pacific (5)	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
Monde World	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
OCDE OECD	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5

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

(2) Union européenne 15, Hongrie, Islande, Norvège, Pologne, République Slovaque, République Tchèque, Suisse et Turquie

European Union 15, Hungary, Island, Norway, Poland, Slovak Republic, Czech Republic, Switzerland and Turkey

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

(4) Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Estonie, Georgie, Kazakhstan, Kirgystan, Lettonie, Lituanie, Moldavie, Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine et Ouzbékistan Armenia, Azerbaijan, Belarus, Estonia, Georgia Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine and Uzbekistan

(5) Australie, Japon, Corée et Nouvelle Zélande Australia, Japan, Korea and New Zealand

Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2010

Principaux gaz à effet de serre

Main Greenhouse gases

Vapeur d'eau (H ₂ O)	Oxyde nitreux (N ₂ O)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Chlorofluorocarbones (CFC)
Méthane (CH ₄)	Ozone troposphérique (O ₃)

Europe : émissions de CO₂ par habitant provenant des combustibles fossiles

Europe: CO₂ emissions per capita from fossil fuels

t CO ₂ /habitant t CO ₂ /capita	1971	1980	1990	2000	2008
Allemagne Germany	12,5	13,5	12,0	10,1	9,7
Autriche Austria	6,5	7,4	7,4	7,7	8,4
Belgique Belgium	12,1	12,8	10,8	11,6	10,4
Bulgarie Bulgaria	7,4	9,5	8,6	5,2	6,4
Chypre Cyprus	2,9	5,1	6,6	9,0	9,5
Danemark Denmark	11,1	12,2	9,8	9,5	8,8
Espagne Spain	3,5	5,0	5,3	7,1	7,0
Estonie Estonia	-	-	22,7	12,5	13,1
Finlande Finland	8,6	11,5	10,9	10,5	10,7
France	8,2	8,4	6,1	6,2	5,7
Grèce Greece	2,8	4,6	6,8	8,0	8,3
Hongrie Hungary	5,8	7,8	6,4	5,3	5,3
Irlande Ireland	7,3	7,6	8,5	10,8	9,9
Italie Italy	5,4	6,4	7,0	7,5	7,2
Lettonie Latvia	-	-	7,0	2,9	3,5
Lituanie Lithuania	-	-	9,0	3,2	4,2
Luxembourg	45,1	32,8	27,4	18,3	21,3
Malte Malta	2,0	2,7	6,4	5,4	6,2
Pays-Bas Netherlands	9,8	11,8	10,4	10,8	10,8
Pologne Poland	8,7	11,6	9,0	7,6	7,8
Portugal	1,7	2,4	3,9	5,8	4,9
Rep. Tchèque Czech Republic	15,4	16,1	15,0	11,9	11,2
Rep. Slovaque Slovak Republic	8,6	11,1	10,7	6,9	6,7
Roumanie Romania	5,6	7,9	7,2	3,8	4,2
Royaume-Uni United Kingdom	11,2	10,1	9,6	8,9	8,3
Slovénie Slovenia	-	-	6,3	7,1	8,3
Suède Sweden	10,2	8,8	6,2	6,0	5,0
UE 27 EU 27	8,6	7,9	7,7		
Canada	15,5	17,4	15,6	17,4	16,5
Etats-Unis United States	20,7	20,5	19,5	20,2	18,4
Japon Japan	7,2	7,5	8,6	9,3	9,0

Source : CO₂ emissions from fuel combustion, AIE éd 2010

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\$2000 selon PPA kg CO ₂ /US\$ using 2000 prices and PPP	1971	1980	1990	2000	2008
Allemagne Germany	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3
Autriche Austria	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Belgique Belgium	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3
Bulgarie Bulgaria	2,5	1,8	1,3	0,9	0,6
Chypre Cyprus	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4
Danemark Denmark	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3
Espagne Spain	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Estonie Estonia	-	-	2,7	1,1	0,8
Finlande Finland	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3
France	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2
Grèce Greece	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Hongrie Hungary	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3
Irlande Ireland	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
Italie Italy	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Lettonie Latvia	-	-	0,7	0,4	0,2
Lituanie Lithuania	-	-	0,8	0,4	0,3
Luxembourg	2,2	1,4	0,7	0,3	0,3
Malte Malta	0,6	0,3	0,5	0,3	0,3
Pays-Bas Netherlands	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
Pologne Poland	1,4	1,5	1,2	0,7	0,5
Portugal	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Rép. Tchèque Czech Republic	1,5	1,3	1,0	0,8	0,5
Rép. Slovaque Slovak Republic	1,0	1,2	1,0	0,6	0,4
Roumanie Romania	1,7	1,2	1,1	0,7	0,4
Royaume-Uni UK	0,8	0,6	0,5	0,3	0,3
Slovénie Slovenia	-	-	0,4	0,4	0,3
Suède Sweden	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2
UE 27 EU 27	-	-	0,5	0,4	0,3
Canada	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5
Etats-Unis United States	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5
Japon Japan	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3

Source : CO₂ Emissions from fuel combustion, AIE, éd 2010

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	2008
Allemagne Germany	840	696	553	522	494	405	441
Autriche Austria	359	236	245	214	180	223	183
Belgique Belgium	863	572	344	357	284	271	249
Bulgarie Bulgaria	709	632	-	429	431	447	489
Chypre Cyprus	-	-	-	822	838	788	759
Danemark Denmark	794	690	477	435	348	293	308
Espagne Spain	373	635	427	453	430	397	326
Estonie Estonia	-	-	-	679	692	710	752
Finlande Finland	296	195	227	247	211	193	187
France	539	309	109	76	84	93	83
Grèce Greece	674	806	990	871	813	776	731
Hongrie Hungary	728	696	420	432	401	341	331
Irlande Ireland	1088	710	740	727	642	582	486
Italie Italy	463	533	575	545	498	413	398
Lettonie Latvia	-	-	-	239	200	162	162
Lituanie Lithuania	-	-	-	174	160	136	114
Luxembourg	2402	1853	2588	1340	255	328	315
Malte Malta	-	-	-	957	819	917	849
Pays-Bas Netherlands	648	614	588	464	400	387	392
Pologne Poland	560	631	641	671	671	657	653
Portugal	276	443	516	572	480	501	384
Rép. Tchèque Czech Republic	896	747	596	600	595	524	544
Rép. Slovaque Slovak Republic	473	427	376	375	267	229	217
Roumanie Romania	505	414	-	440	396	400	417
Royaume-Uni UK	912	798	672	529	461	484	487
Slovénie Slovenia	-	-	-	328	338	345	329
Suède Sweden	138	47	48	50	42	44	40
UE 27 EU 27	-	-	-	413	381	355	351
Canada	217	183	203	184	222	200	181
Etats-Unis United States	765	708	-	579	586	570	535
Japon Japan	602	489	434	411	401	429	436

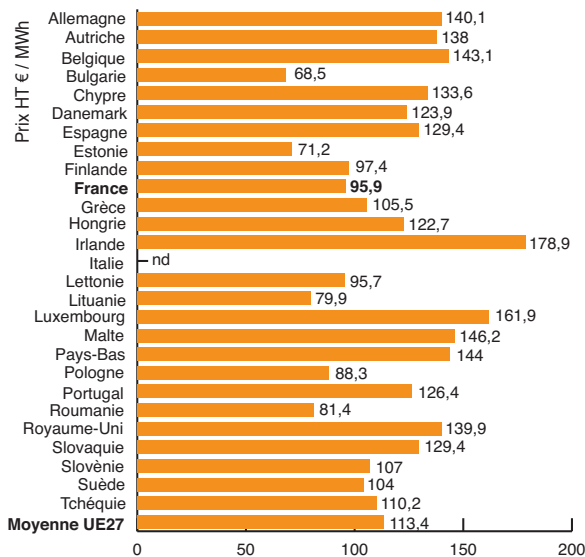
* Les données proviennent de l'édition 2002 de CO₂ emissions from fuel combustion publié par l'AIE.
Source : CO₂ Emissions from Fuel combustion, AIE éd 2010

DONNÉES ÉCONOMIQUES

Prix HT € / MWh 1 ^{er} semestre 2009	
Allemagne	140,1
Autriche	138
Belgique	143,1
Bulgarie	68,5
Chypre	133,6
Danemark	123,9
Espagne	129,4
Estonie	71,2
Finlande	97,4
France	95,9
Grèce	105,5
Hongrie	122,7
Irlande	178,9
Italie	nd
Lettonie	95,7
Lituanie	79,9
Luxembourg	161,9
Malte	146,2
Pays-Bas	144
Pologne	88,3
Portugal	126,4
Roumanie	81,4
Royaume-Uni	139,9
Slovaquie	129,4
Slovénie	107
Suède	104
Tchéquie	110,2
Moyenne UE27	113,4

Source : Eurostat

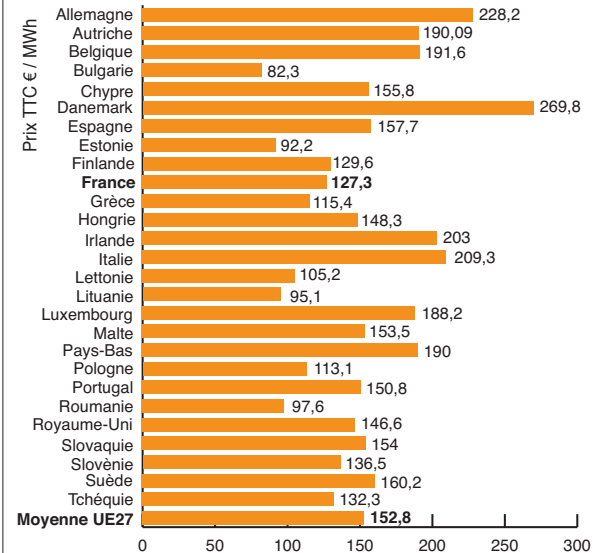
Prix HT de l'électricité à usage domestique
pour le 1^{er} semestre 2009



Prix TTC € / MWh 1 ^{er} semestre 2009	
Allemagne	228,2
Autriche	190,9
Belgique	191,6
Bulgarie	82,3
Chypre	155,8
Danemark	269,8
Espagne	157,7
Estonie	92,2
Finlande	129,6
France	127,3
Grèce	115,4
Hongrie	148,3
Irlande	203
Italie	209,3
Lettonie	105,2
Lituanie	95,1
Luxembourg	188,2
Malte	153,5
Pays-Bas	190
Pologne	113,1
Portugal	150,8
Roumanie	97,6
Royaume-Uni	146,6
Slovaquie	154
Slovénie	136,5
Suède	160,2
Tchéquie	132,3
Moyenne UE 27	152,8

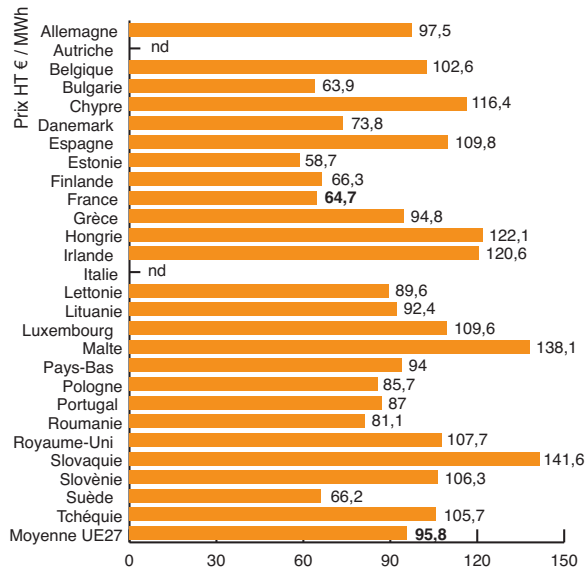
Source : Eurostat

Prix TTC de l'électricité à usage domestique
pour le 1^{er} semestre 2009



Prix HT € / MWh 1 ^{er} semestre 2009	
Allemagne	97,5
Autriche	nd
Belgique	102,6
Bulgarie	63,9
Chypre	116,4
Danemark	73,8
Espagne	109,8
Estonie	58,7
Finlande	66,3
France	64,7
Grèce	94,8
Hongrie	122,1
Irlande	120,6
Italie	nd
Lettonie	89,6
Lituanie	92,4
Luxembourg	109,6
Malte	138,1
Lituanie	92,4
Luxembourg	109,6
Malte	138,1
Pays-Bas	94
Pologne	85,7
Portugal	87
Roumanie	81,1
Royaume-Uni	107,7
Slovaquie	141,6
Slovénie	106,3
Suède	66,2
Tchéquie	105,7
Moyenne UE 27	95,8

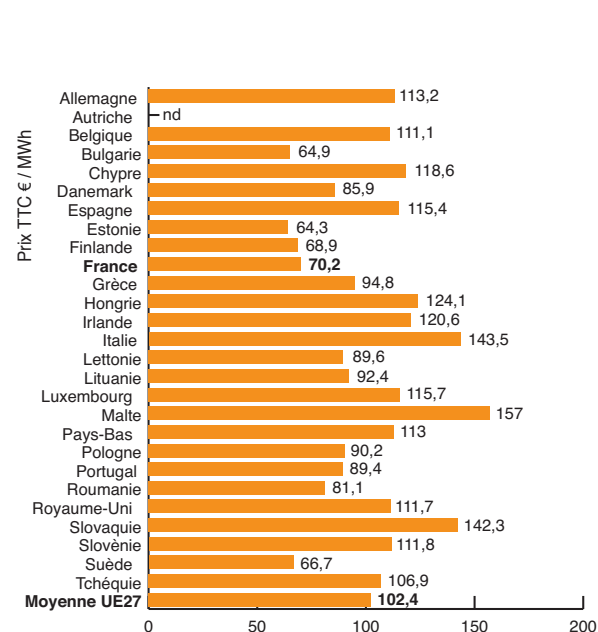
Prix HT de l'électricité à usage industriel
au 1^{er} semestre 2009



Source : Eurostat

Prix TTC € / MWh 1 ^{er} semestre 2009	
Allemagne	113,2
Autriche	nd
Belgique	111,1
Bulgarie	64,9
Chypre	118,6
Danemark	85,9
Espagne	115,4
Estonie	64,3
Finlande	68,9
France	70,2
Grèce	94,8
Hongrie	124,1
Irlande	120,6
Italie	143,5
Lettonie	89,6
Lituanie	92,4
Luxembourg	115,7
Malte	157
Pays-Bas	113
Pologne	90,2
Portugal	89,4
Roumanie	81,1
Royaume-Uni	111,7
Slovaquie	142,3
Slovénie	111,8
Suède	66,7
Tchéquie	106,9
Moyenne UE 27	102,4

Prix TTC de l'électricité à usage industriel
au 1^{er} semestre 2009



Source : Eurostat

Exemples de prix moyens des énergies en France

Examples of average prices of energies in France

Prix en monnaie courante Price in legal currency	1990	1995	2000	2005	2010
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
> 3 kVA	10,6	11,53	10,28	10,57	10,89
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
Heures creuses	5,14	5,49	5,26	5,38	6,05
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
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
Eté Summer	1,52	1,56	1,64	2,21	2,63
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
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
BTS Low percentage	nd	1,04	1,76	2,23	nd
TBTS Very low percentage	nd	1,12	1,92	2,39	3,72
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
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
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 2011, Observatoire de l'énergie

Tarifs d'achat 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 (houlo-motrice, 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 4 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 4 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		<ul style="list-style-type: none"> • éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites • éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Energie photovoltaïque	04/03/11		<p>Les tarifs applicables aux projets dont la demande de raccordement a été envoyée entre le 1^{er} juillet et le 30 septembre 2011 :</p> <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 et déchets animaux bruts ou transformés (farines 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 : MEDDTL août 2011

SYMBOLES

ELEMENTS ET ISOTOPES

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

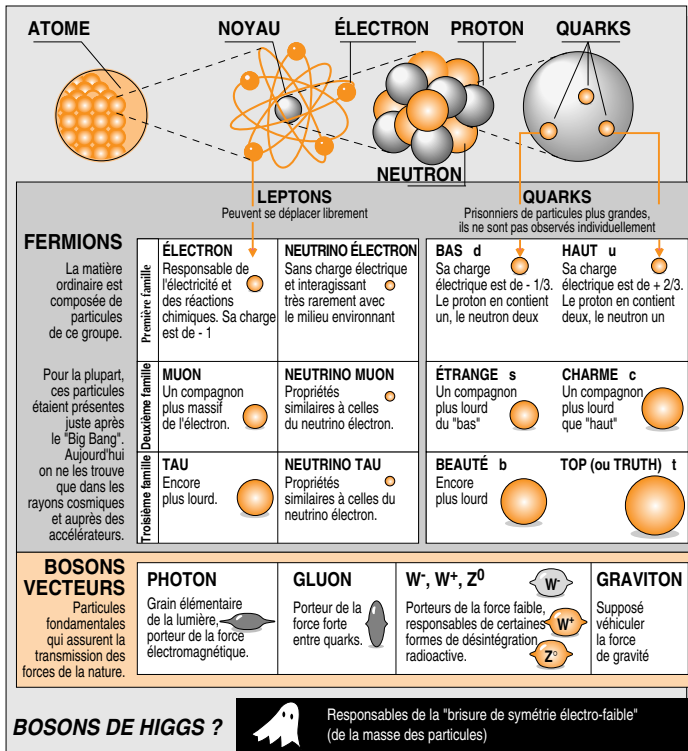
Période, radioactivité et utilisation des principaux isotopes

Half-life, radioactivity and applications of the principal isotopes

Z	Élément	État	Période	Alpha (MeV)	Bêta (MeV)	Gamma (MeV)	X (MeV)	Utilisation
0	n	1	F	10,3 m		0,7824		diverses
1	H	3	F	12,32 a		0,01860		fusion, traceur
4	Be	7	F	53,2 j			0,4776	datation, traceur
6	C	14	F	5 730 a		0,1565		datation, traceur
11	Na	22	F	2,603 a		0,545	1,275	médecine
11	Na	24	F	14,96 h		1,389	1,369	traceur
							2,754	
19	K	40	F	1,26.10 ⁹ a		1,312	1,461	datation
26	Fe	55	F	2,73 a			0,006	fluorescence X
26	Fe	59	F	44,51 j		0,273	1,099	traceur
						0,475	1,292	
27	Co	58	F	70,86 j			0,8108	traceur
27	Co	60	F	5,271 a		0,315	1,173	irradiation,
							1,333	médecine
36	Kr	85	F	10,71 a		0,15	0,5140	traceur, jauges
38	Sr	90	F	28,15 a		0,546		jauges
43	Tc	99	M	6,01 h			0,1405	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	1,496.10 ¹¹ m	u.a.
	année lumière	9,461.10 ¹⁵ m	a.l.
	parsec	3,0857.10 ¹⁶ m	pc
masse (M)	masse de l'électron	9,109558.10 ⁻³¹ kg	
	dalton ou unité de masse atomique	1,66.10 ⁻²⁷ kg	u.m.a.
	carat métrique	2.10 ⁻⁴ kg	
	kilogramme	1 kg	kg
	quintal	100 kg	q
temps (T)	tonne	1 000 kg	t
	masse solaire	1,991.10 ³⁰ kg	M
	seconde	1 s	s
	jour solaire moyen	86 400 s	j, d
température (Θ)	jour sidéral	86 164,1 s	
	kelvin	1 K	K
	degré Celsius	1 K	°C
quantité de matière	électronvolt	11 605 K	eV
	mole	1 mol	mol
surface (L ²)	barn	10 ⁻²⁸ m ²	b
	are	100 m ²	a
volume capacité (L ³)	litre	10 ⁻³ m ³	l
	stère	1 m ³	st
	baril de pétrole	0,15898 m ³	
fréquence (T ⁻¹)	hertz	1 s ⁻¹	Hz
vitesse linéaire (LT ⁻¹)	nœud	0,514 ms ⁻¹	
accélération linéaire (LT ⁻²)	gal	0,01 ms ⁻²	
force (MLT ⁻²)	dyne	10 ⁻⁵ N	dyn
	newton	1 N	N
	kilogramme-force	9,81 N	kgf

énergie, travail	électronvolt	$1,602.10^{-19}$ J	eV
quantité de chaleur (ML^2T^{-2})	erg	10^{-7} J	
	joule	1 J	J
	calorie	4,184 J	cal
	wattheure	3 600 J	Wh
	thermie	$4,184.10^6$ J	th
puissance (ML^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	$9,8.10^4$ 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	$3,33564.10^{-10}$ 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	$1,112.10^{-2}$ F 1 F
conductance ($M^{-1}L^{-2}T^3I^2$)	siemens	1 S	S
inductance ($ML^2T^{-2}I^{-2}$)	centimètre	10^{-9} H	cm
	henry	1 H	H

induction magnétique ($MT^{-2}I^{-1}$)	gauss	10^{-4} T	Gs, G
	tesla	1 T	T
flux d'induction magnétique ($ML^2T^{-2}I^{-1}$)	maxwell	10^{-8} Wb	Mx
	weber	1 Wb	Wb
moment magnétique ($ML^3T^{-2}I^{-1}$)	debye	$3,355.10^{-30}$ Cm	D
intensité lumineuse (I_e)	candela	1 cd	cd
luminance ($L^{-2}I_e$)	nit	1 nit	nit
	stilb	10^4 nit	sb
éclairage ($L^{-2}I_e$)	lux	1 lx	lx
	phot	10^4 lx	ph
flux lumineux (I_e)	lumen	0,00147 W (à 5 550 Å)	lm
vergence (L^{-1})	dioptrie	1 m ⁻¹	δ
	radioactivité (activité)	becquerel curie	1 Bq $3,7.10^{10}$ Bq (désintégrations par seconde)
radioactivité (dose)	röntgen	$2,58.10^{-4}$ C/kg	R
	rad	10^{-2} Gy	rad
	gray	1 Gy	Gy
information	bit	unité élémentaire de quantité d'information	
débit d'information	baud	1 bit par seconde	
atténuation	bel		B
	neper		Np
angle plan arc	seconde	$4,845.10^{-6}$ rad	"
	minute	$2,9.10^{-4}$ rad	'
	grade	0,0157079 rad	gr, G
	degré	0,0174533 rad	°
	radian	1 rad	rad
angle solide	stéradian	1 sr	sr
	spat	4π sr	sp

NB : en gras les unités de base du Système international.
Source : Encyclopædia Universalis, 1986.

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

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

Unités de mesure anglosaxonnes

LONGUEURS (Length)

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

SURFACES (Area)

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

VOLUMES (Capacity)

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

POIDS (Weights)

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

MESURES NAUTIQUES (Nautical units)

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

TEMPÉRATURE (Temperature)

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

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

CONSTANTES PHYSIQUES

Constantes physiques fondamentales

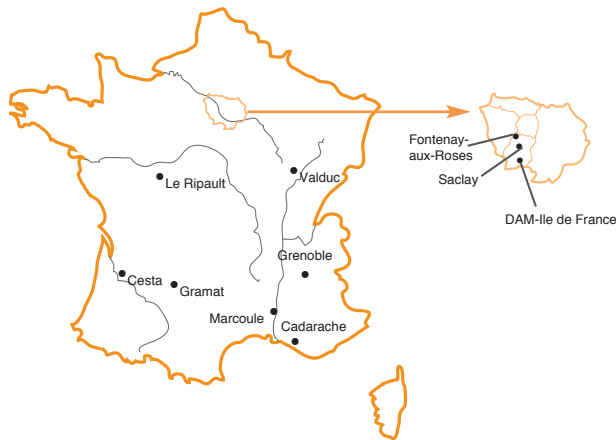
Constante	Symbole usuel	Valeur	Unité	Incertitude relative (ppm)
vitesse de la lumière dans le vide	c	299 792 458	ms ⁻¹	(par définition)
perméabilité du vide	μ_0	$4\pi 10^{-7}$ = 12,566 370 614...	NA ⁻²	(calculé)
permittivité du vide	ϵ_0	$1/\mu_0 c^2$ = 8,854 187 817...	10 ⁻¹² Fm ⁻¹	(calculé)
constante de gravitation	G	6,672 59 (85)	10 ⁻¹¹ m ³ kg ⁻¹ 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	$N_A \cdot L$	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)	Jmol ⁻¹ 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 Wm ⁻² K ⁻⁴	34
Autres unités non SI complémentaires				
électronvolt, (e/C)J = {e}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 u = $m_u = 1/12 m(^{12}\text{C})$				

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

Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

LE CEA

PRÉSENTATION



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 internationales 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 œuvre 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.

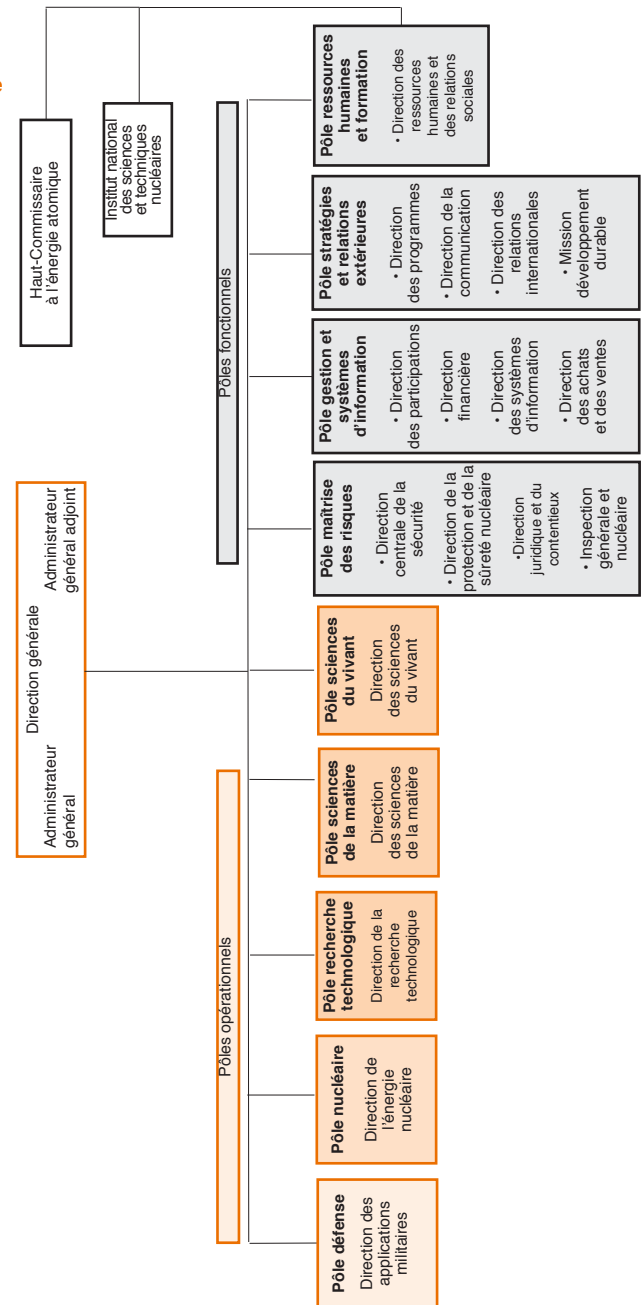
L'astrophysique et la physique des particules sont deux domaines où il est particulièrement présent, avec respectivement les grands instruments d'observation, au sol ou dans l'espace, et le LHC (Large Hadrons Collider à Genève) ou le Ganil (Grand accélérateur national d'ions lourds, à Caen).

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
- **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
- **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

Pour plus d'informations sur le nucléaire

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 Bourgoin
75572 Paris Cedex 12
www.asn.gouv.fr
- **Direction générale de l'énergie et du climat** (DGEC)
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

• Electricité de France

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

• Société française de l'énergie nucléaire (SFEN)

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 Rueil-Malmaison Cedex - France
www.ifp.fr

• 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 Rueil Malmaison
tél : 01 47 52 35 00
www.groupecharbonnages.fr

• Gaz de France

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'activité (annuel)
- Mémento sur l'énergie (annuel)
- Elecnuc - Les centrales nucléaires dans le monde (annuel)
- Collection "De la recherche à l'industrie" 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 - Energies du XXI^e siècle.

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