

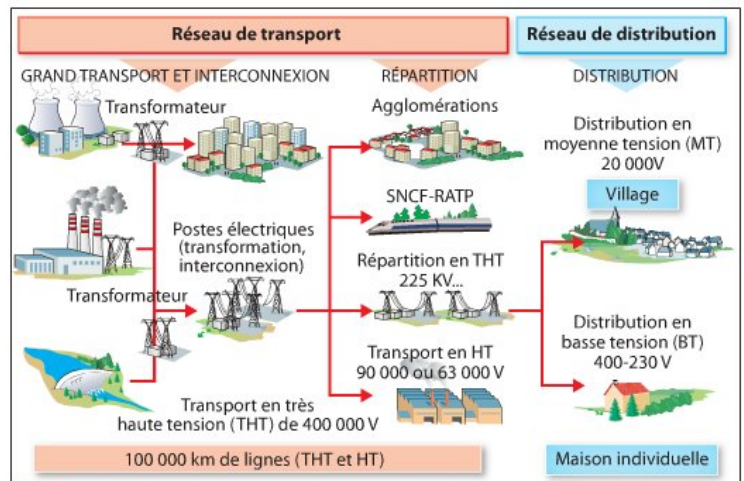


Doc. 1



**A La nécessité de transporter l'énergie électrique.**

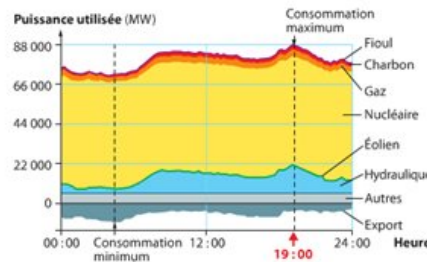
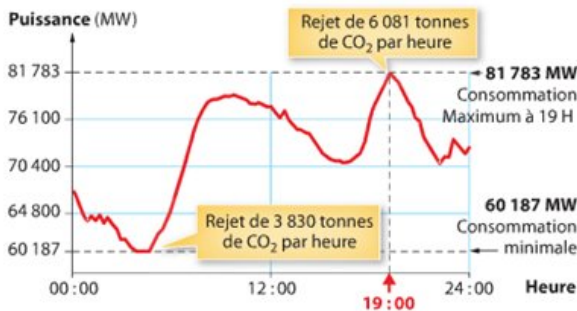
Un réseau de câbles conducteurs, où circule un courant alternatif, apporte aux utilisateurs l'énergie électrique. La zone d'implantation d'une centrale est liée aux conditions géographiques, aux contraintes d'approvisionnement en combustible et d'alimentation en eau. L'interconnexion du réseau assure la continuité du service en cas de problème en mettant en commun les productions d'électricité.



**B Optimiser le transport de l'énergie électrique.**

En France, le réseau de transport de l'électricité à très haute tension (THT) permet de limiter les pertes en ligne. En effet, l'énergie thermique perdue par effet Joule dans les conducteurs est proportionnelle au carré de l'intensité du courant électrique. Plus la tension est élevée, plus l'intensité du courant est faible, pour une puissance transportée donnée. Des transformateurs élèvent ou abaissent la tension électrique alternative produite.

Doc. 2



Fioul	126 MW	0,2 % de la production française
Charbon	2 535 MW	2,9 % fonctionne en continu lors des fortes demandes
Gaz	3 275 MW	3,8 % répond à une demande immédiate d'énergie
Nucléaire	59 739 MW	69 % peu souple, fonctionne en continu
Éolien	1 106 MW	1,3 %
Hydraulique	13 818 MW	16 %
Autres	5 917 MW	6,8 %
Export	4 736 MW	

Doc. 3a

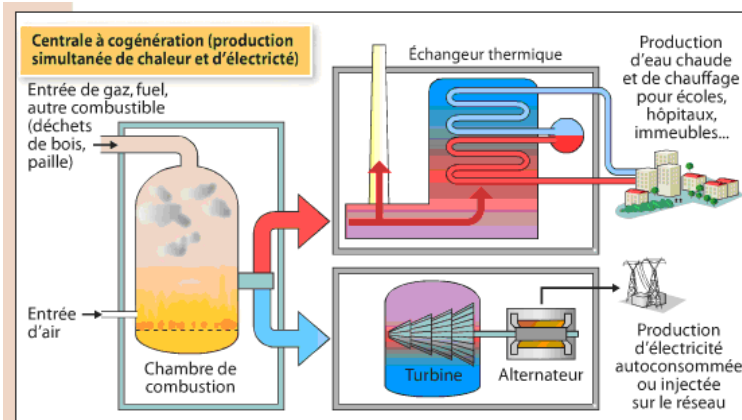
**A Centrale à cycle combiné.**

L'Europe s'est engagée à augmenter l'efficacité énergétique de 20 % d'ici 2020. Dans une centrale thermique à flamme, 38 % de l'énergie primaire utilisée est transformée en énergie électrique. Celle à cycle combiné (dite TGV ou CCGT) possède deux turbines, une à gaz et une à vapeur. La turbine à gaz fonctionne comme dans toute centrale à flamme, celle à vapeur valorise la chaleur habituellement

évacuée par la cheminée. Cette chaleur est utilisée pour produire la vapeur qui entraîne la turbine à vapeur et le second alternateur. Avec la même quantité d'énergie primaire, on obtient davantage d'énergie finale utile : on augmente donc l'efficacité énergétique, puisque le rendement atteint 55 %. De nombreuses centrales TGV fonctionnent au gaz naturel, transporté par gazoduc.



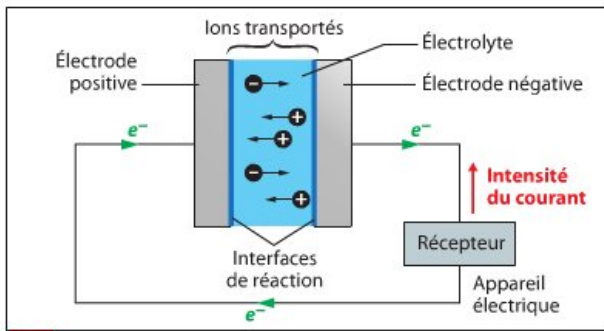
Doc. 3b



**B La cogénération pour valoriser la chaleur en la distribuant.**

Centrales thermiques de petites tailles et incinérateurs d'ordures ménagères fonctionnent en cogénération avec un rendement global de 80 à 90 %. D'autres centrales à cogénération utilisent des ressources renouvelables (solaire, géothermie haute énergie). Et parfois, la chaleur habituellement rejetée dans l'environnement par les centrales nucléaires est aussi utilisée. Certains réseaux de chauffage urbains sont constitués d'un ensemble de canalisations calorifugées dans lesquelles circule de l'eau chaude ou de la vapeur en provenance de chaufferies.

Doc. 4



**A Fonctionnement d'un accumulateur.**



**C Batteries au sodium-soufre (Na-S), au Japon.**

Chargées par une énergie d'origine éolienne, intermittente, elles permettent de réguler l'énergie sur les réseaux.



**D Voiture hybride « LEXUS CT200h », TOYOTA.**

Sa batterie Ni-MH de 27 kW alimente son moteur électrique.

**B Les accumulateurs électrochimiques.**

Un accumulateur stocke de l'énergie chimique pendant sa charge par électrolyse, ce qui engendre des réactions d'oxydoréduction (échanges d'électrons). En devenant générateur, il se décharge, met en circulation un courant et les réactions chimiques s'inversent. La tension continue aux bornes d'un accumulateur dépend de la nature chimique des électrodes et de l'électrolyte. Les accumulateurs sont regroupés en batteries. Le nombre de cycles charge/décharge des batteries est limité, leur longévité varie de 4 à 20 ans suivant le type d'accumulateur. Les batteries sodium-soufre (Na-S), plomb-acide, nickel-cadmium (Ni-Cd), nickel-hydrure métallique (Ni-MH) ou lithium-ion (Li-ion) sont utilisées pour des usages stationnaires ou mobiles.

Un véhicule nécessite au moins une énergie de 1 kWh s'il est hybride et 25 kWh s'il est électrique. La quantité d'énergie stockée détermine l'autonomie du véhicule et il faut obtenir un débit d'énergie (puissance) suffisant pour atteindre une vitesse acceptable.

Voir Lexique p. 253.

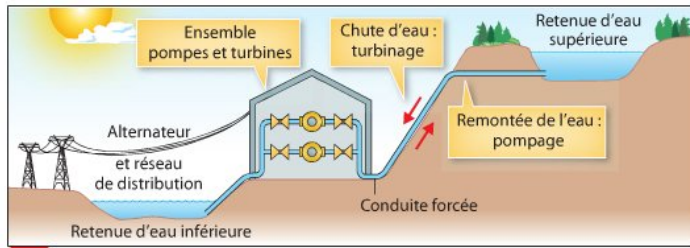
**E Les piles à combustible.**

Une pile à combustible (PAC) ne stocke pas l'énergie car elle est alimentée en continu. La pile à dihydrogène consomme  $H_2$  et  $O_2$  pour former de l'eau.  $H_2$ , inexistant sur Terre, est coûteux en énergie pour sa fabrication. Obtenu par électrolyse de l'eau, son stockage pose problème. Le méthanol, issu de la biomasse, peut remplacer  $H_2$  et être stocké dans le réservoir d'un véhicule électrique, mais sa réaction avec le dioxygène libère du  $CO_2$ .





Doc. 5



**A Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP).**

Sur le réseau électrique, production et consommation doivent être égales à tout instant. Pendant les heures creuses, les stations de transfert d'énergie par pompage utilisent l'excédent d'énergie électrique pour alimenter des pompes qui font monter l'eau du bassin inférieur d'une STEP vers son bassin supérieur. Lors des pointes, la centrale, mise en route rapidement, fournit l'énergie électrique nécessaire au réseau pour éviter les ruptures d'alimentation (délestages).



**B Station de Grand-Maison.**

Cette station permet le transfert d'énergie par pompage.

Doc. 6

Type de transport (données indicatives moyennes)	Émissions en gramme de CO <sub>2</sub> par kilomètre (g.CO <sub>2</sub> /km)
<b>EN VILLE</b>	
Vélo, marche, roller	0
Tramway	20
Bus	80
Voiture en ville (par personne avec 3 voyageurs)	103
Voiture en ville (personne seule)	310
<b>GRANDES DISTANCES</b>	
Train	25
Autocar	30
Avion	160
Voiture sur route (personne seule)	180
<b>MARCHANDISES</b>	
Train complet	20
Transport combiné - rail route	40
Poids lourd >25 tonnes de charge utile	50
Poids lourd 15 tonnes de charge utile	70
Poids lourd 3 tonnes de charge utile	180
Véhicule utilitaire en ville	1.210

Ref. "Maîtriser le changement climatique : le mémento des décideurs" MIES 1999

**1. Émissions des combustibles**

Combustible	Énergie kWh/kg (1)	Rendement % (2)	ÉMISSIONS		
			CO <sub>2</sub> g/kWh	SO <sub>2</sub> g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh
Charbon	7.23	60%	588	4.20	2.10
Fuel lourd	11.12	60%	468	11.98	1.50
Fuel domestique	11.68	60%	450	0.85	0.60
Gaz naturel	13.90	75%	273	n.s	0.81
Bois	3.34	60%	600	n.s	1.20
Ordures ménagères	1.95	60%	660	1.20	1.37

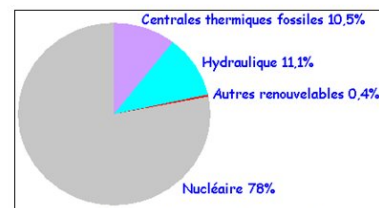
(1) Énergie thermique de combustion  
(2) Rendement moyen de chauffage de l'eau

Le bois est une énergie « verte » : le CO<sub>2</sub> émis par combustion est recyclé par la biomasse en croissance (photosynthèse) : on peut donc considérer que l'émission CO<sub>2</sub> n'est que de 13 g/kWh dans ce cas.

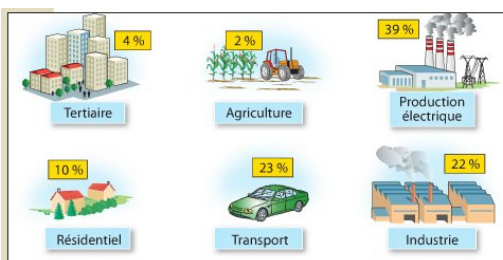
**2. Émissions dues à la production d'électricité**

Source de production (rendement de production: 33 %)	Rendement % (1)	ÉMISSIONS		
		CO <sub>2</sub> g/kWh	SO <sub>2</sub> g/kWh	NO <sub>x</sub> g/kWh
100% charbon	90%	1.177	8.40	4.20
100% fuel	90%	937	23.97	3.00
100% gaz	90%	900	n.s	0.20
30% nucléaire + 70% charbon	90%	824	5.88	2.94
80% nucléaire + 20% charbon	90%	235	1.68	0.84

(1)Rendement moyen de chauffage de l'eau

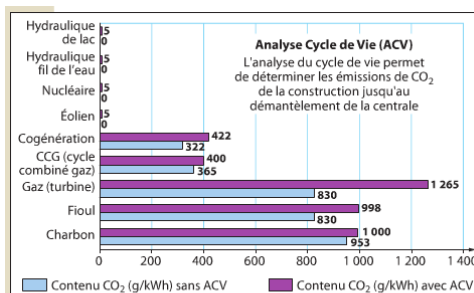


Origine de l'électricité : France 2007



**A Émissions de CO<sub>2</sub> par secteur dans le monde.**

Les gaz à effet de serre (GES) interceptent les infrarouges émis par la surface terrestre. Les projections indiquent que si les émissions de gaz à effet de serre continuent à augmenter au rythme actuel et atteignent le double des



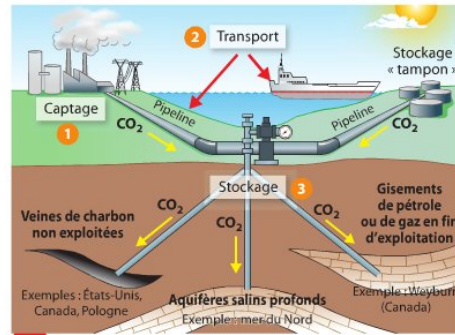
**B Niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> par filière de production d'électricité.**

De nombreux pays recourent à l'usage du charbon, pour produire l'électricité.



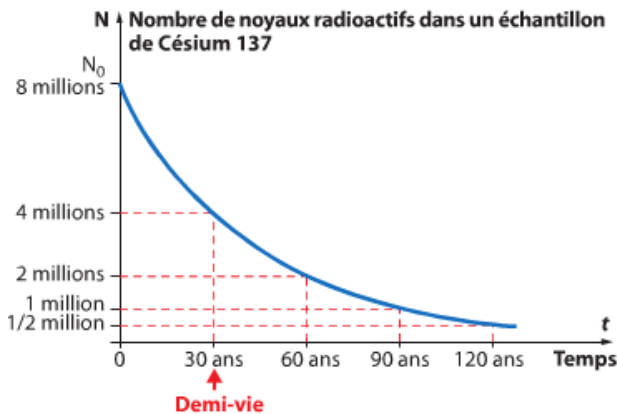
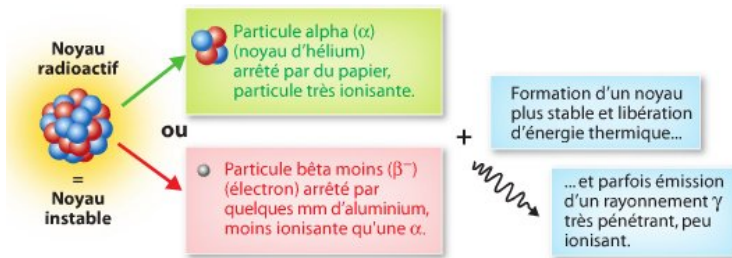
Doc. 7

**C** **Captage et stockage du CO<sub>2</sub>.**  
Trois possibilités existent pour capter le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, mais elles nécessitent une surconsommation énergétique et un surcoût importants. Ce captage peut avoir lieu avant, pendant ou après la combustion. Le captage en précombustion constitue actuellement le meilleur moyen de capturer le dioxyde de carbone. Il est réalisé par une étape d'oxydation partielle (gazéification du charbon, de coke pétrolier ou reformage de gaz naturel). Cette oxydation produit un mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone, le « syngas » ou gaz de synthèse. Après un traitement à la vapeur d'eau, ce gaz de synthèse est converti en un mélange d'hydrogène et de CO<sub>2</sub>. L'hydrogène, séparé du dioxyde de carbone, est utilisé dans un cycle combiné pour la production d'électricité. Le dioxyde de carbone capté doit ensuite être stocké (on dit « séquestré ») pour éviter son retour dans l'atmosphère.



**D** **Séquestration du CO<sub>2</sub> dans les formations géologiques profondes.**  
La séquestration du CO<sub>2</sub> est en cours d'expérimentation (2010).

Doc. 8



Radionucléides présents dans le combustible usé	Demi-vie ou période (t <sub>1/2</sub> )
<sup>131</sup> I (Iode 131)	8 jours
<sup>60</sup> Co (Cobalt 60)	5,2 ans
<sup>90</sup> Sr (Strontium 90)	28,1 ans
<sup>137</sup> Cs (Césium 137)	30 ans
<sup>239</sup> Pu (Plutonium 239)	24 100 ans
<sup>129</sup> I (Iode 129)	16 x 10 <sup>6</sup> ans
<sup>238</sup> U (Uranium 238)	4,5 x 10 <sup>9</sup> ans

