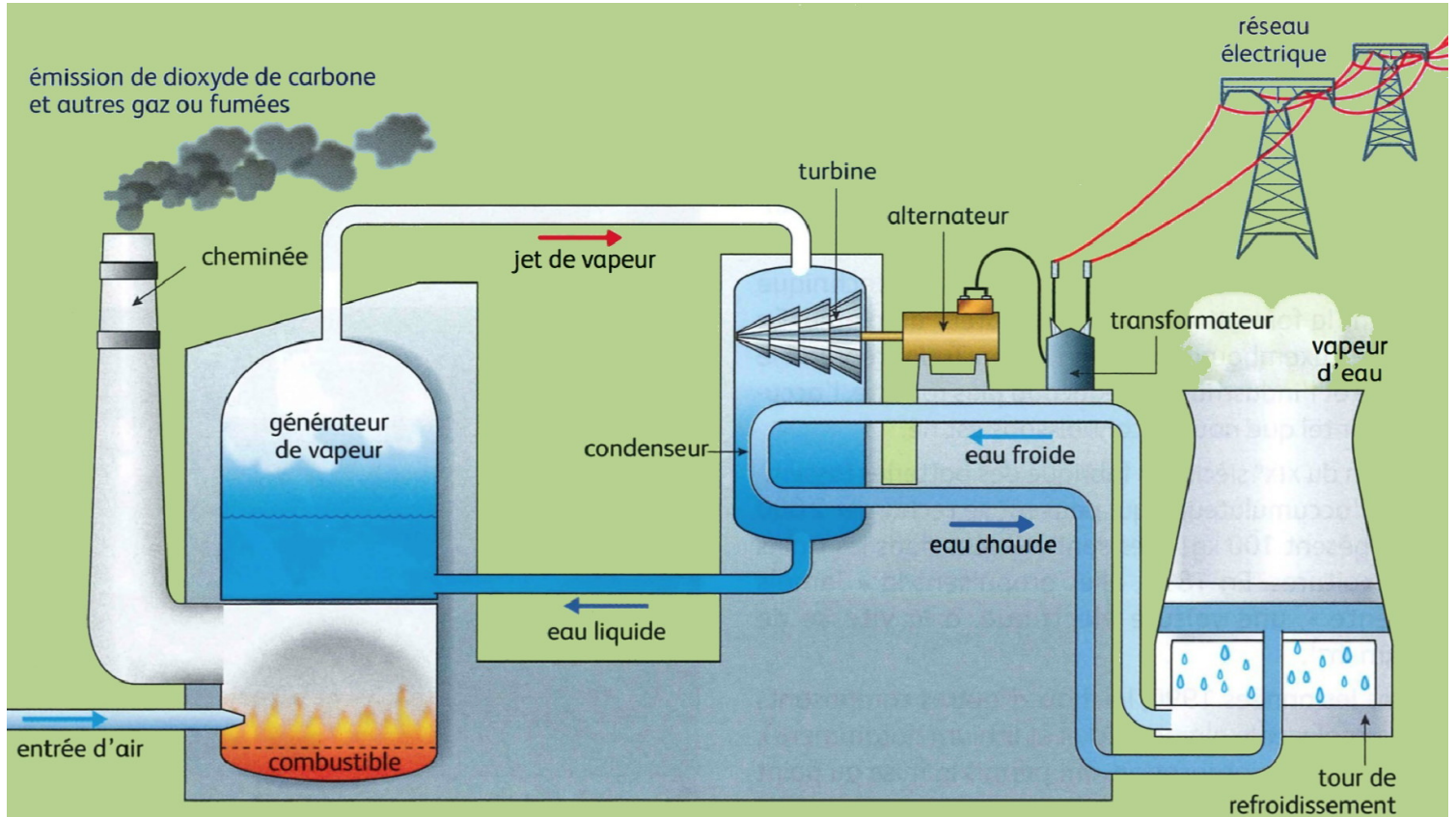


## 1 Quel est le principe d'une centrale thermique ?

Dans une centrale thermique à flamme, on brûle un combustible fossile, comme du charbon ou du fioul.



### 1.1 Découvrons le fonctionnement

La combustion dégage une grande quantité de ..... utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur).

On dispose alors de ..... d'eau sous pression. Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine.

L'énergie thermique est donc transformée en énergie ..... Cette énergie mécanique est ensuite transformée à son tour en énergie ..... via un alternateur.

À la sortie de la turbine, la vapeur est refroidie pour se transformer en eau liquide au contact de parois froides (la tour de refroidissement) pour être renvoyée dans la chaudière où le cycle .....

L'eau du circuit de refroidissement est prélevée grâce à des pompes sur un cours d'eau voisin et rejetée ensuite à une température légèrement supérieure.

### 1.2 Analysons le fonctionnement

1. Donner la définition du terme « combustion ».

.....

2. Quelles sont les sources d'énergie utilisées dans ce type de centrale ?

.....

.....

3. Quelles sont les formes d'énergie rencontrées dans ce type de centrale ?

.....

Même s'il n'intervient qu'à hauteur de 5% dans la production d'électricité en France, le charbon est le combustible fossile le plus utilisé dans les centrales ..... à flamme dans le monde.

Ci-contre, la centrale de Montceau-les-Mines en France.

### 1.4 La combustion est une transformation chimique

- Une combustion est la transformation chimique entre un ..... et un ..... (généralement le dioxygène  $O_2$  de l'air). Elle est à la base du fonctionnement d'une centrale électrique thermique à flamme.
- Le combustible peut être du gaz naturel, du fioul ou du charbon. Leur combustion produit du .....  $CO_2$  et de l'.....  $H_2O$ .
- Lorsqu'une combustion n'est pas parfaitement maîtrisée, elle peut aussi libérer des polluants comme le .....  $CO$ , des .....  $SO_x$ , des .....  $NO_x$  et des fumées.

Énergie libérée par la combustion d'un gramme de charbon : 30 kJ.

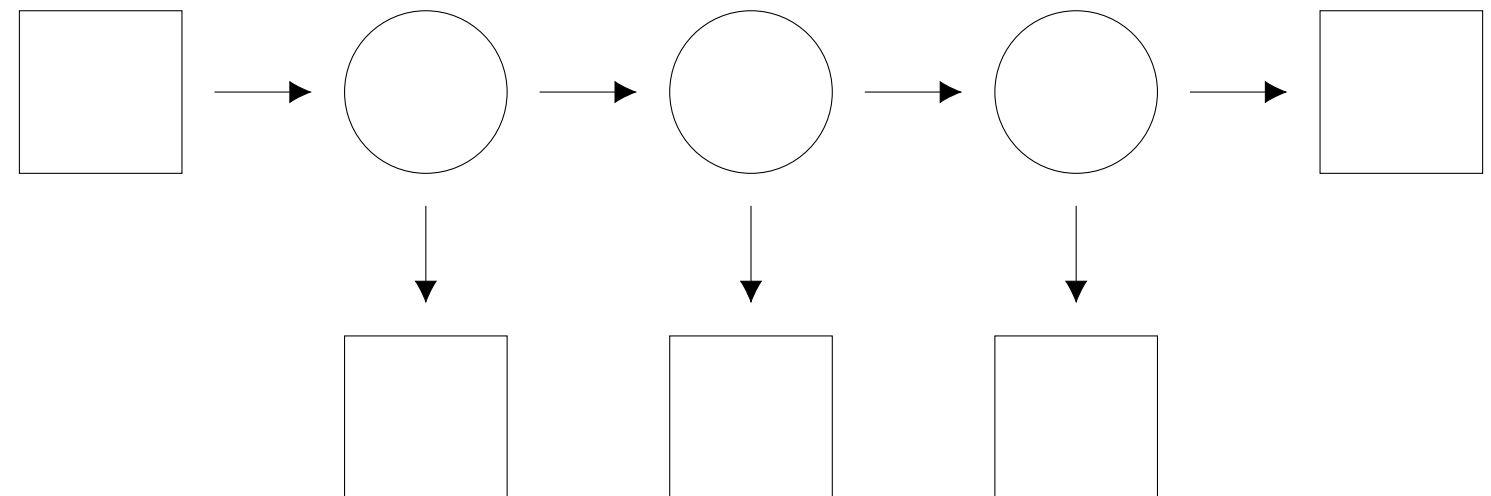


FIGURE 1 – Chaîne énergétique d'une centrale thermoélectrique.

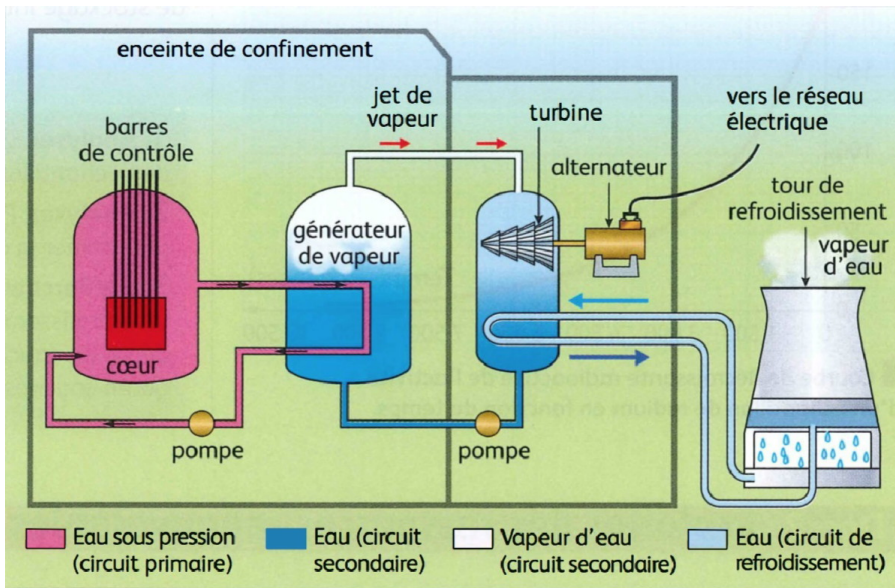
- .....
4. Quel est le rôle de la turbine ?
- .....
5. Quel est le rôle de l'alternateur ?
- .....
6. En figure 1 ci-dessous, compléter le schéma d'une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie qui y ont lieu.

### 1.3 Les centrales thermiques à travers les pays



## 2 Quel est le principe d'une centrale nucléaire ?

Dans une centrale thermique à uranium, la transformation des noyaux des atomes au cœur du réacteur produit l'énergie.



### 2.1 Découvrons le fonctionnement

Dans une centrale thermique nucléaire, l'énergie thermique libérée par la ..... des noyaux d'Uranium est transférée à de l'eau qui est vaporisée. La vapeur entraîne une turbine qui actionne un alternateur produisant de l'énergie .....

### 2.2 Analysons le fonctionnement

1. Quels points communs y a-t-il entre le fonctionnement d'une centrale thermique à combustible fossile et celui d'une centrale thermique à combustible nucléaire ?

2. Quelles sont les différences ?

.....  
 .....

3. Quelles sont les formes d'énergie rencontrées dans ce type de centrale ?

.....

4. En figure 2 ci-dessous, compléter le schéma d'une chaîne énergétique pour interpréter les transformations d'énergie qui y ont lieu.

Énergie libérée par la fission d'un gramme d'uranium 235 : 72,6 MJ.

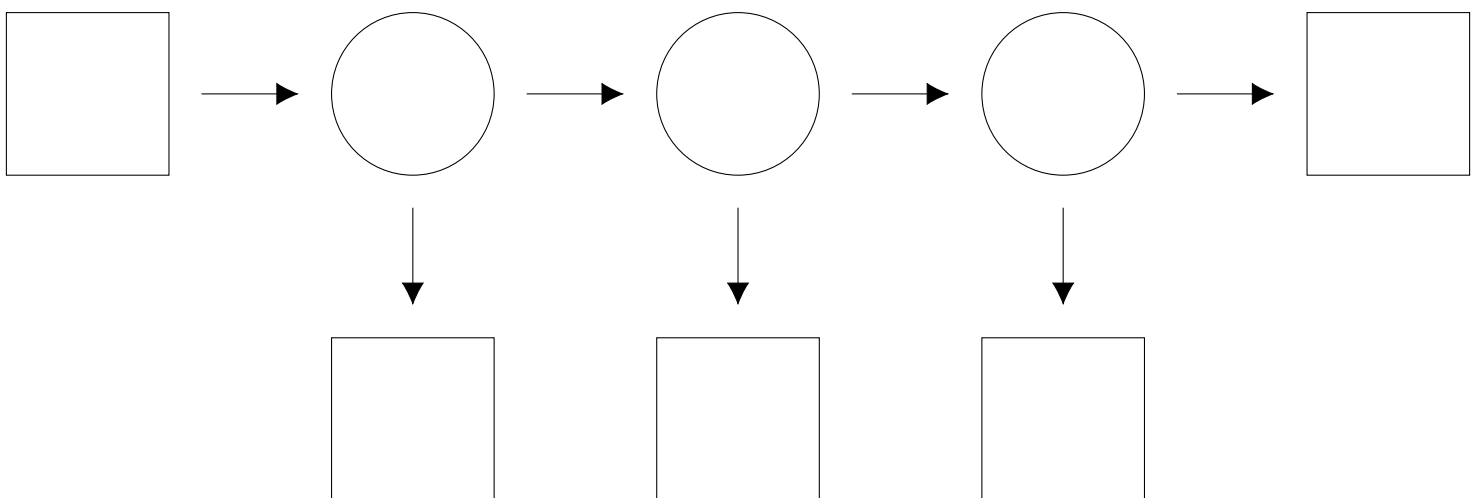


FIGURE 2 – Chaîne énergétique d'une centrale nucléaire.

### 3 Quelle est l’empreinte environnementale associée à la conversion, la gestion et la consommation d’énergie ?

#### 3.1 Les gaz à effet de serre

Dans l’atmosphère, certains gaz (dioxyde de carbone, méthane...) piègent la chaleur émise par la Terre : c’est « l’..... » qui maintient en surface une température moyenne de l’ordre de 15°C. En son absence, cette température serait de -18°C !

Mais, depuis le début de l’ère industrielle, le taux atmosphérique de ces gaz ..... constamment. Ainsi, en cent cinquante ans, la combustion des énergies fossiles et la déforestation ont entraîné une élévation du taux de dioxyde de carbone de 30 %. Par exemple, le taux de dioxyde de carbone actuel a dépassé 400 ppm (parties par million).

La ..... moyenne augmente donc elle aussi, ce qui risque d’entraîner de profonds bouleversements .....

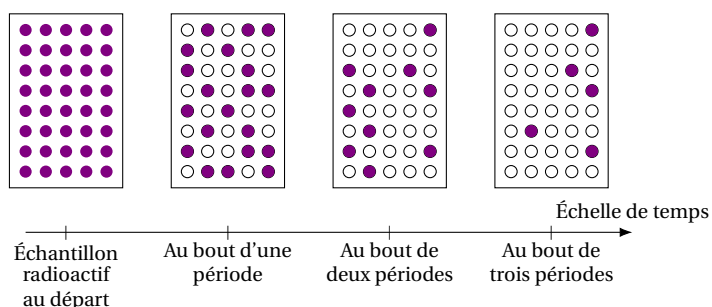
#### 3.2 Les déchets radioactifs

*Première idée importante : certains déchets radioactifs vont mettre du temps à disparaître !*

La production d’électricité d’origine ..... engendre des déchets. Ces déchets sont ..... pendant une durée qui peut être estimée à partir de la .....  $t_{1/2}$  (parfois aussi appelée période) de l’élément considéré. Celle-ci correspond au temps au bout duquel l’activité (nombre de désintégrations par seconde) a été divisée par deux.

La demi-vie radioactive  $t_{1/2}$  est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux de l’échantillon radioactif présents à la date  $t$  se sont désintégrés.

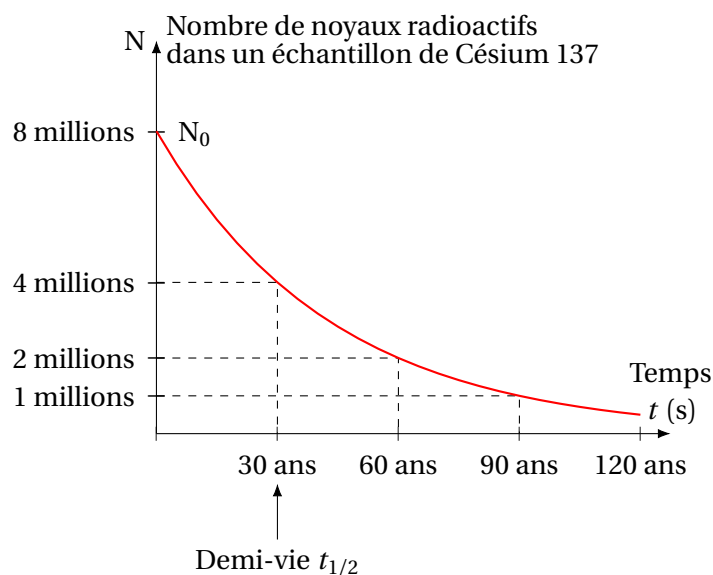
À chaque fois que l’on compte le temps  $t = t_{1/2}$ , le nombre de noyaux radioactifs est divisé par deux. Ainsi le nombre de noyaux radioactifs décroît avec le temps :



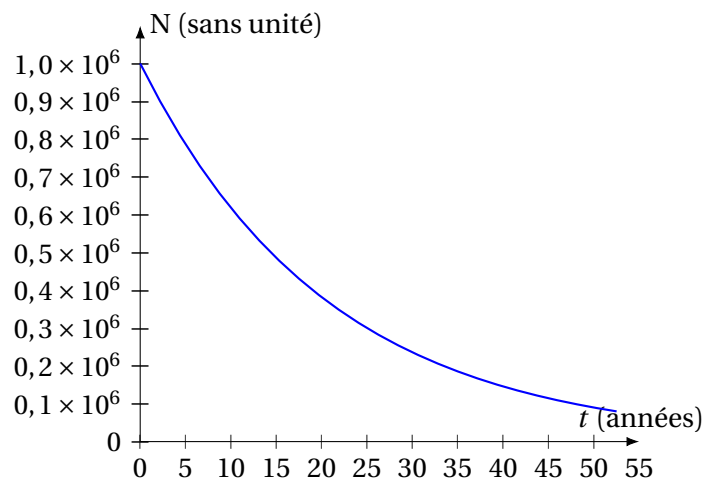
Voici quelques valeurs de ..... pour quelques nucléides instables :

Radionucléides		$t_{1/2}$
Iode 131	$^{131}\text{I}$	8 jours
Cobalt 60	$^{60}\text{Co}$	5,2 ans
Strontium 90	$^{90}\text{Sr}$	28,1 ans
Césium 137	$^{137}\text{Cs}$	30 ans
Plutonium 239	$^{239}\text{Pu}$	24 100 ans
Iode 129	$^{129}\text{I}$	$16 \times 10^6$ ans
Uranium 238	$^{238}\text{U}$	$4,5 \times 10^9$ ans

On peut représenter le ..... de noyaux radioactifs restants en fonction du temps, par exemple pour le césium 137, dont la demi-vie est de 30 ans :



*Consigne : à l’aide de la courbe ci-dessous, déterminez la demi-vie du plutonium 241.*



Deuxième idée importante : tous les déchets nucléaires ne se valent pas !

Les produits de fission sont en général ..... c'est-à-dire qu'ils se transforment naturellement en d'autres noyaux en émettant des rayonnements. On distingue deux types de déchets radioactifs :

**Les déchets à .....** et à forte activité ;

**Les déchets à .....** et à faible activité.

Actuellement, le traitement des déchets consiste à séparer les deux types mentionnés et à les stocker de façon adéquate.

Troisième idée importante : pour caractériser une source, on utilise l'activité, ou nombre de désintégration par seconde.

L'.....  $\mathcal{A}$  d'une source est simplement le nombre moyen de désintégrations par seconde dans l'échantillon. Elle s'exprime en becquerels (Bq), avec :

1 Bq = 1 désintégration par seconde
-------------------------------------

et se mesure avec un compteur Geiger.



Voici quelques exemples de valeurs :

Source	Activité (Bq)
1 litre d'eau	10
1 litre de lait	80
1 kg de granit	1 000
1 homme de 70 kg	10 000
50 kg d'engrais phosphaté	100 000
1 g de plutonium	$2 \times 10^6$
1 scintigraphie thyroïdienne	$3,7 \times 10^7$

Ces valeurs sont énormes, toujours en raison du nombre d'Avogadro, il faut retenir qu'une activité de plusieurs millions de becquerels n'a rien de bien exceptionnel.

Les ..... dépendent de l'activité  $\mathcal{A}$  de la source, de l'énergie du rayonnement émis et de la manière dont ce rayonnement est absorbé. Pour tenir compte de ces paramètres, d'autres unités sont utilisées (en particulier le sievert, symbole Sv).

Les sources les plus dangereuses sont :

- les sources de très faible durée de vie ( $t_{1/2}$  petit donc  $1/t_{1/2}$  grand, donc activité grande) ;
- les sources contenant un grand nombre d'atomes radioactifs (N grand donc activité grande).

Les déchets à vie courte (inférieure à 300 ans) ou de faible activité sont stockés dans des fûts en acier ou en béton.

Les déchets à vie longue (des milliers d'années) ou de haute activité sont coulés dans du bitume ou du verre.

Quatrième idée importante : l'uranium est un combustible fossile comme les autres !

Au rythme de la consommation actuelle, les réserves connues d'uranium seront épuisées dans un siècle.

Une autre solution mise en œuvre par les Français dans les années 80 et abandonnée depuis consistait à utiliser le plutonium militaire (utilisé dans les bombes) dans un surgénérateur. Les réserves sont suffisantes pour alimenter tous les réacteurs nucléaires pour un siècle !

## 4 Correction des exercices (donnés lors de la séance n° 8)

### 8.1 N° 6 p. 179 – Étude d'une centrale thermoélectrique

1. Dans une centrale thermoélectrique, les ressources fossiles servent de combustible (1) pour vaporiser de l'eau (2). Cette vapeur met en mouvement une turbine reliée à un alternateur (3). La vapeur est ensuite mise en

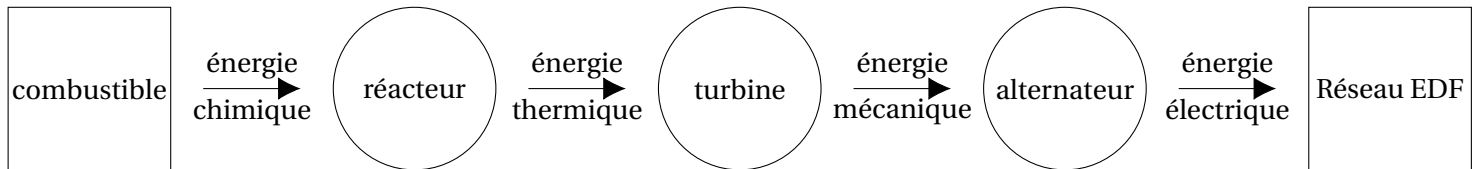


FIGURE 3 – Chaîne énergétique d'une centrale thermoélectrique.

### 8.2 N° 4 p. 179 – Le nucléaire en France

1. L'énergie nucléaire n'est pas une énergie renouvelable, car le minerai d'uranium utilisé s'est formé au moment de la création de la Terre et existe en quantité limitée.
2. Des années 70 à 80, le thermique classique était la première source d'électricité en France, supplanté par le nucléaire à partir des années 80. Enfin, on assiste en 2009 à une très légère baisse de la production nucléaire.
3. Le nucléaire tient une part prépondérante dans la production électrique française (78 %), bien supérieure à ce qui se pratique dans le monde (où elle est devancée par exemple par l'hydroélectricité). Elle connaît un déclin dans le monde (elle est passée de 17 % à 13 % en 8 ans), mais une légère baisse de production en France à partir de 2009, comme l'indique le graphe. Le titre de l'article du Monde, s'il reflète la situation dans le monde, est discutable en ce qui concerne la situation française.
4. Avantages du nucléaire : indépendance énergétique vis-à-vis du pétrole, pas de dégagement de CO<sub>2</sub>, donc pas d'impact sur l'effet de serre.

Inconvénients du nucléaire : ressource non renouvelable, déchets nucléaires à longue durée, risque d'accident gravissime.

Avantages de l'hydraulique : énergie renouvelable, aucune source de pollution.

Inconvénients de l'hydraulique : sa production dépend des réserves hydrauliques (en France, tous les sites importants pouvant donner lieu à l'installation de barrages sont exploités), accidents graves (rupture de barrage, quoique rare), impacts environnementaux négatifs lors de la création de lacs de retenue.

### 8.3 Science actualité p. 180 – À quoi sert le pétrole ?

1. Le pétrole n'est pas uniquement utilisé comme combustible fossile dans les transports, les centrales thermoélectriques ou dans le chauffage des habitations. Il est

contact avec un circuit de refroidissement pour la faire se condenser (4).

2. Différentes formes d'énergies utilisées : chimique (ressource fossile), thermique, mécanique et électrique.
3. La chaîne énergétique de la centrale est représentée en figure 3 ci-dessous.

aussi à la base de la production d'objets et de médicaments.

2. On est mal.

### 8.4 N° 2 p. 182 – Scénarios énergétiques

1. 300 TWh vaut  $300 \times 10^9$  kWh, c'est-à-dire :
  - d. une énergie de  $1,08 \times 10^{15}$  J.
2. a. hydrocarbures : C. ressource fossile. D. gaz à effet de serre.  
b. nucléaire : A. ressource fissile. E. déchets radioactifs.  
c. hydraulique : B. ressource renouvelable.
3. En 2050 :
  - b. Le parc nucléaire ne serait pas renouvelé dans le scénario 1.
  - c. La consommation en énergies fossiles et renouvelables augmenterait dans les deux scénarios.
4. Avantages et inconvénients des deux scénarios :
  - Scénarios 1 et 2 : disparition du parc nucléaire existant (diminution des risques d'accident nucléaires).
  - Scénarios 1 : pas de nouveau parc nucléaire (donc pas de création de déchets nucléaires), et scénario 2 : création d'un nouveau parc nucléaire (production de déchets nucléaires).
  - Scénarios 1 et 2 : augmentation du recours aux ressources renouvelables et fossiles.
  - Scénarios 1 : diminution de la production électrique (grâce à une réduction de la consommation, via des économies d'énergie et une meilleure efficacité énergétique), et scénario 2 : augmentation de la production électrique.
  - Scénario 1 : division par 4 des émissions de gaz à effet de serre, scénario 2 : poursuite de la progression de la consommation d'énergie, donc des émissions de gaz à effet de serre.

## 5 Exercices (pour la séance n°10)

### 9.1 N° 1 p. 178 – Qui suis-je ?

### 9.2 N° 2 p. 178 – QCM

### 9.3 Les déchets radioactifs

Toute activité humaine produit des déchets. L'utilisation des propriétés de la radioactivité dans de nombreux secteurs engendre chaque année des déchets radioactifs. Ces déchets émettent de la radioactivité et présentent des risques pour l'homme et l'environnement.

Ces déchets proviennent pour l'essentiel des centrales nucléaires, des usines de traitement des combustibles usés ainsi que des autres installations nucléaires civiles et militaires qui se sont développées au cours des dernières décennies.

On compte également plus de 1 000 petits producteurs qui contribuent aussi, à un degré moindre, à la production de déchets radioactifs : laboratoires de recherche, hôpitaux,

industries...

Les déchets radioactifs sont variés. Leurs caractéristiques diffèrent d'un déchet à l'autre : nature physique et chimique, niveau et type de radioactivité, durée de vie (ou période radioactive)... En France, les déchets radioactifs sont classés en fonction de leur mode de gestion, tel que montré dans le tableau 1 page 7.

On s'intéresse aux activités massiques de quelques éléments présents dans les déchets d'une centrale nucléaire, tableau 2 page 7.

- En France, la classification des déchets radioactifs repose sur deux paramètres. Identifier ces deux paramètres.
- En utilisant les tableaux 1 et 2, expliquer comment, en France, on gère les déchets radioactifs tels que l'uranium 235.

		Période radioactive		
		Vie très courte (période < 100 jours)	Vie courte (période < 31 ans)	Vie longue (période > 31 ans)
<b>Activité massique</b>	Très faible activité TFA ( < 100 Bq/g)	Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis évacuation dans les filières conventionnelles	Stockage de surface (Centre industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage — CIRES)	
	Faible activité FA ( < 10 <sup>5</sup> Bq/g)		Stockage de surface (centre de stockage de l'Aube)	Stockage de faible profondeur (à l'étude)
	Moyenne activité MA ( < 10 <sup>6</sup> Bq/g)		Stockage réversible profond (à l'étude)	
	Haute activité HA ( > 10 <sup>6</sup> Bq/g)			

TABLE 1 – Différents modes de gestion des déchets en France. L'activité massique est l'activité rapportée à 1 g d'échantillon.

Radioéléments	Demi-vie $t_{1/2}$	Activité massique
Iode 131	8 jours	4,6 millions de milliards de Bq/g
Césium 137	...	3,200 milliards de Bq/g
Plutonium 239	24 000 ans	2,3 milliards de Bq/g
Uranium 235	704 millions d'années	8 000 Bq/g

TABLE 2 – Quelques éléments présents dans les déchets d'une centrale nucléaire.