

**I. Disponibilité des ressources énergétiques**

**A. Les ressources énergétiques fossiles**

**Activité documentaire**

**Le Pic de Hubbert**

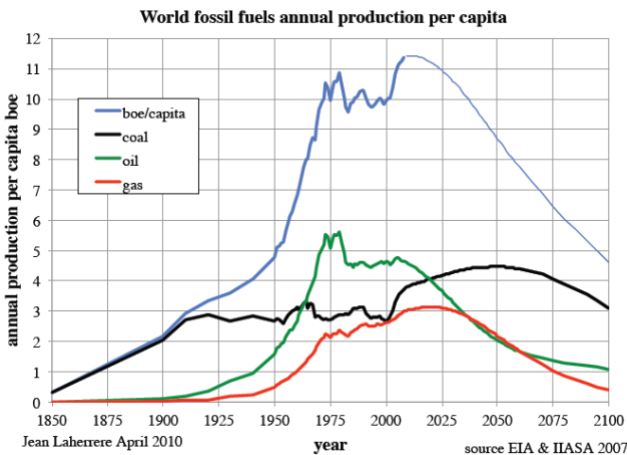
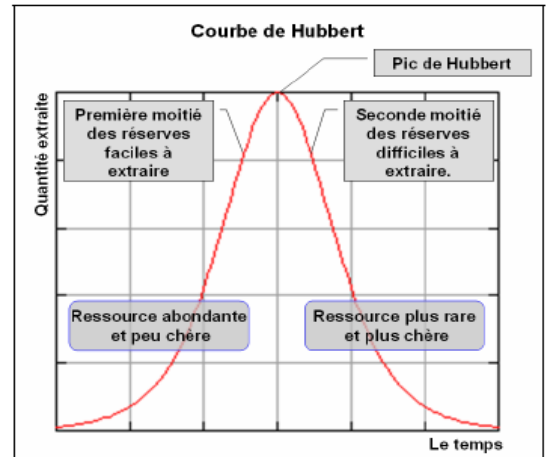
King Hubbert, géophysicien a étudié les capacités des réserves de matières premières, notamment le pétrole et le charbon. En étudiant la production de différents gisements de pétrole, il s'est aperçu que les volumes extraits suivaient une courbe en forme de cloche (proche d'une courbe mathématique appelée courbe de Gauss).

Ce qui est vrai pour le pétrole, l'est également pour le gaz ou le charbon.

D'après : Green-IT 2,0  
2010-2040

Quels rôles pour les DSI et les professionnels des NTIC ?

ISBN : 978-2-953-62930-9



Sur le site internet « sos planètes, <http://terresacree.org/ressources.htm> », voilà ce qu'on peut lire :

**2050 : fin du pétrole (oil)** : les gisements exploitables à un coût admissible seront épuisés en 2050

**2158 : fin du charbon (coal)**

**2072 : fin du gaz naturel (gas)**

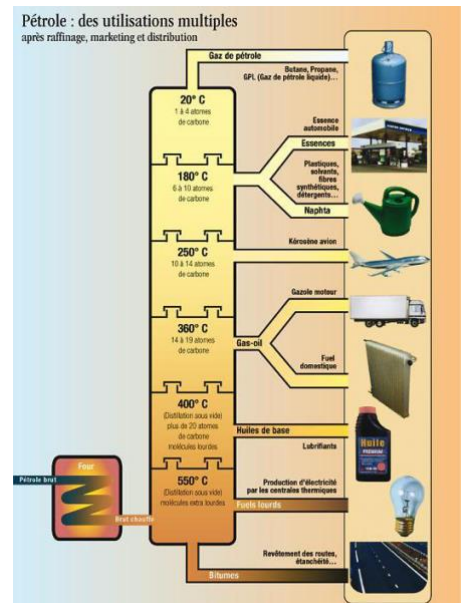
**Compléments d'information :**

Les combustibles fossiles, charbons et hydrocarbures (gaz naturel et pétrole) ont des origines organiques. Ils résultent de la **lente décomposition** de débris de végétaux pour le charbon, de microorganismes d'origine animale et végétale (plancton) pour les hydrocarbures. Ils se sont formés au fond de l'eau, à l'abri de l'air, sous l'action combinée de la pression, de la température et de certaines bactéries.

L'étude de la composition chimique des combustibles fossiles a montré que ce sont des résidus de matière organique ayant subi des transformations chimiques étalées sur plusieurs millions d'années.

Les charbons, plus ou moins riches en carbone, sont localisés dans les régions sédimentaires souvent à proximité des anciennes chaînes hercyniennes (de la fin de l'ère primaire) ou dans des fosses sédimentaires à l'intérieur des montagnes jeunes.

Les hydrocarbures ne se trouvent pas toujours là où ils se sont formés : chassés de la roche-mère par les fortes pressions exercées sur elle, ils ont migré, à travers des roches poreuses, vers la surface du sol jusqu'à ce qu'ils soient bloqués par une couche de terrain imperméable. Ils se sont alors conservés dans des roches-magasins perméables (grès, sables, calcaire), généralement dans la voûte d'un anticlinal ou à proximité des failles.



Les grands gisements d'hydrocarbures se situent dans les zones de piémont, comme ceux de Californie, du Texas, du Caucase. Ils se trouvent aussi dans les bassins sédimentaires, comme ceux de Libye et d'Arabie. Certains gisements se poursuivent sous les plates-formes continentales, comme en mer du Nord ou dans le golfe du Mexique (gisement off-shore).

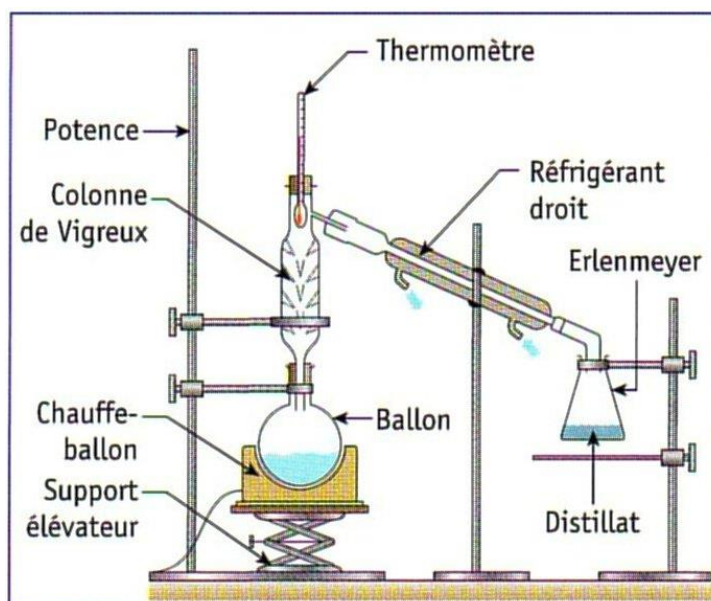
### ➤ Raffinage du pétrole

L'essence ou le gazole que l'on met dans sa voiture, le fioul que l'on brûle pour se chauffer en hiver, le gaz naturel que l'on utilise pour cuisiner, sont autant de sources d'énergie issues des gisements pétroliers et gaziers.

Cependant, on n'emploie pas tels quels les produits bruts issus de l'extraction pétrolière : avant de les utiliser, il faut passer par l'étape du raffinage. Cette opération purifie le brut et le transforme en produits finis de composition variée, adaptés aux usages que l'on souhaite en faire.

➤ Distillation fractionnée : c'est une opération consistant à séparer les constituants d'un mélange de plusieurs liquides miscibles qui n'ont pas la même température d'ébullition.

Le liquide est chauffé dans un ballon, les vapeurs s'élèvent dans une colonne à distiller puis sont liquéfiées dans un réfrigérant. Le liquide obtenu, appelé distillat, s'écoule le long d'un tube incliné. Le distillat est recueilli dans un bécher ou un erlenmeyer.



Lors d'une distillation fractionnée, les liquides les plus volatils, c'est à dire dont les températures d'ébullition sont relativement faibles :

- constituent la majorité des vapeurs obtenues en début de distillation, à une température relativement faible.
- sont majoritaires dans le distillat obtenu au début.

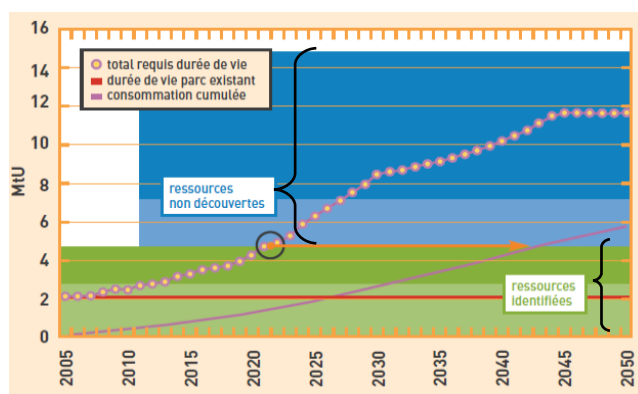
La distillation du fractionnée du pétrole permet de séparer les différentes substances chimiques dont les températures d'ébullition sont différentes. C'est la première étape dans le processus d'obtention d'hydrocarbures purs (raffinage).

### ➤ Principe des trois étapes du raffinage :

1. Distillation fractionnée (séparation des différents constituants suivant la taille des molécules) ; voir ci-dessus.
2. Craquage (pour répondre à la demande des utilisateurs en produits légers : casse des grosses molécules)
3. Amélioration (on enlève les molécules corrosives ou néfastes à l'environnement)

## B. Les ressources énergétiques fossiles

D'après ce graphique issu de la publication CLEFS CEA - N° 55 - ÉTÉ 2007, que peut-on conclure quant à la disponibilité en uranium pour alimenter nos centrales nucléaires ?



### C. L'exploitation des ressources énergétiques renouvelables

L'ensemble des ressources renouvelables de la Terre vient directement ou indirectement du rayonnement solaire.

En effet, le rayonnement solaire est une énergie primaire de rayonnement récupérable :

- directement par des ouvertures,
- par des panneaux solaires photovoltaïques pour obtenir de l'énergie électrique ;
- par des panneaux solaires thermiques (chauffe-eau solaire), pour obtenir de l'énergie thermique.

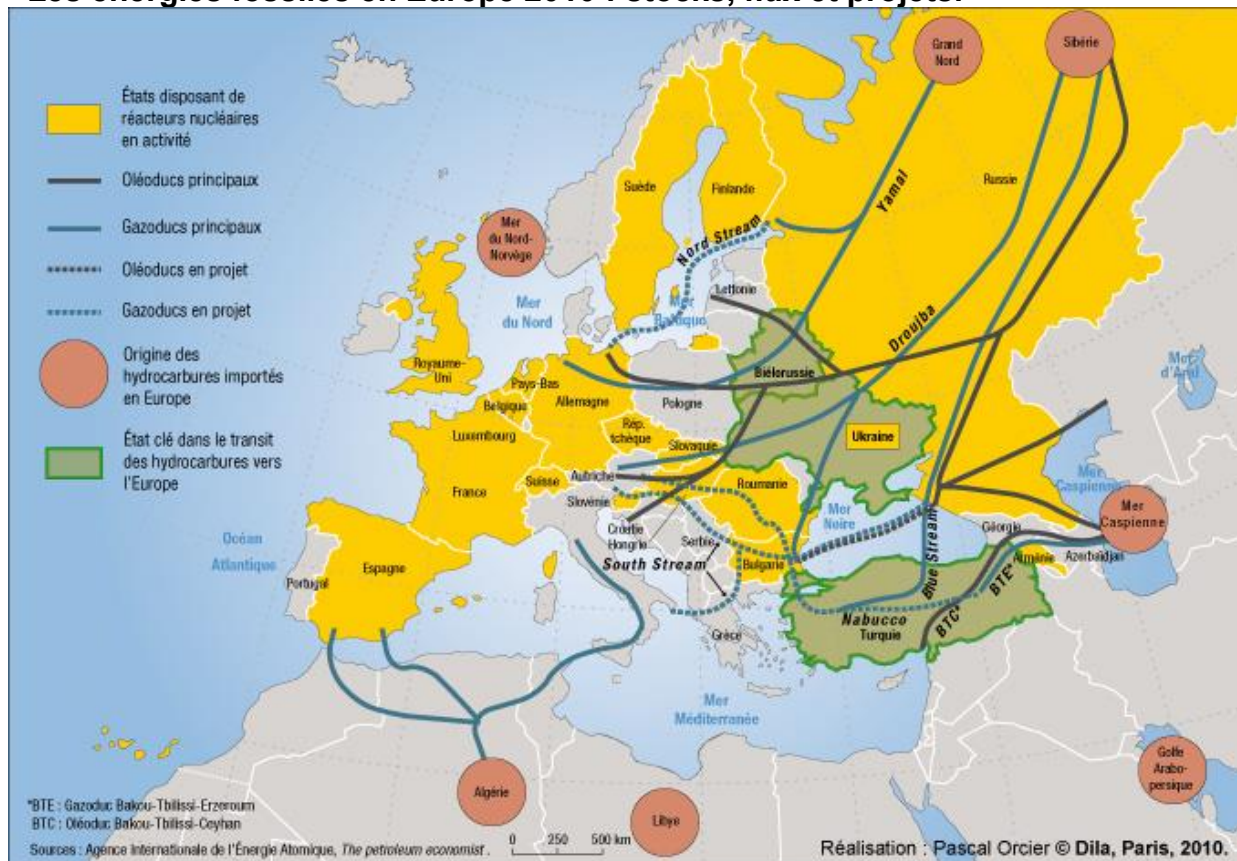
Le rayonnement solaire est aussi utilisé par la nature pour la croissance des végétaux : c'est la photosynthèse, au cours de laquelle l'énergie de rayonnement est transformée en énergie chimique (biomasse).

De nombreuses énergies primaires renouvelables (énergie éolienne par exemple), sont issues du rayonnement solaire. En effet, c'est par le chauffage des masses d'air et d'eau que ces mouvements (vents par exemple) sont produits.

## II. Pourquoi est-il nécessaire de transporter l'énergie ?

### Activité documentaire :

#### **Les énergies fossiles en Europe 2010 : stocks, flux et projets.**



Les énergies fossiles en Europe en 2010 : stocks, flux et projets

Source : La Documentation photographique n°8074

« **Site internet :** <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/cartotheque/energies-fossiles-europe-2010-stocks-flux-projets.shtml> »

### **Le transport des combustibles fossiles**

La consommation mondiale de pétrole est estimée à 30 milliards de barils par an, soit une masse de pétrole de quelque  $3,8 \cdot 10^{12}$  kg. Cette masse correspond à la capacité de quelques 15 000 **supertankers** d'une capacité moyenne actuelle de 250 000 tonnes. Les 8000 supertankers qui sillonnent les mers pour l'approvisionnement du monde en pétrole effectuent donc approximativement entre 4 et 5 allers-retours par an.

Les **gazoducs** qui assurent le transport du gaz sont aussi du domaine de la démesure. La longueur totale des gazoducs dans le monde est estimé à plus de 1 million de km soit 25 fois la circonférence

terrestre. Leur vulnérabilité aux actes de sabotage dans les zones de conflits ainsi que les trop grandes distances entre les gisements et les zones de consommation ont conduit à développer un mode de transport sous forme liquide. C'est ainsi que le gaz naturel liquéfié (GNL) moins volumineux qu'à l'état gazeux est transporté à -160°C et à la pression atmosphérique par les **navires méthaniers**.

S'il n'y avait les pollutions extrêmement graves en cas d'accident, un avantage du transport des combustibles par voie maritime semble tenir au fait qu'il s'effectue sans pertes d'énergie importantes.

« Site internet [www.rivères.info](http://www.rivères.info) »

### III. Pourquoi est-il nécessaire de stocker l'énergie ?

#### A. Le stockage de l'énergie

« On appelle énergies primaires, les énergies directement accessibles dans la nature : énergies fossiles, énergie nucléaire et énergies renouvelables, ces énergies constituant le « mix énergétique » Pour la plupart des applications, il est nécessaire de la convertir afin de la rendre compatible avec l'usage envisagé, et pour que l'énergie puisse être aussi disponible à tout moment, il est indispensable de la stocker : « la mettre en conserve » pourrait-on dire.

Ce stockage peut se décliner sous diverses formes. L'énergie peut être stockée sous forme mécanique (dans le cas d'une retenue d'eau d'un barrage), électrochimique (piles et accumulateurs) par exemple. La gestion de l'énergie est donc un art subtil qui associe production, transformation, transport et stockage. »

D'après « les clefs CEA n°50/51- Hiver 2004-2005 »

**« Les énergies renouvelables, dont la production est souvent intermittente, se développent rapidement, mais le stockage de l'énergie semble avancer moins vite.**

L'augmentation des capacités de production éolienne et solaire perturbe en effet la stabilité des réseaux électriques. Si ces sources d'énergie ne sont pas encore dominantes, dans certains pays, la capacité installée est supérieure à ce que peut supporter le réseau lorsque les conditions météorologiques sont très favorables. Les moyens de production impliqués sont alors déconnectés du réseau, entraînant la perte de cette énergie verte. »

D'après « La Tribune.fr - 22/02/2011 »

Rappelons que les énergies primaires sont les ressources énergétiques disponibles et accessibles : elles constituent le stock naturel d'énergie de la Terre. Les énergies finales sont les énergies dont le consommateur a besoin.

L'énergie doit toujours être transportée du lieu où se trouve la ressource (énergie primaire) au lieu où se trouve le consommateur. Le transport peut se faire à diverses étapes de la chaîne énergétique sous différentes formes d'énergie. Les formes d'énergies les plus adaptées aux transports sont :

- L'énergie électrique, qui se transporte bien sur des milliers de km grâce à des fils électriques, et qui permet un apport constant d'énergie au consommateur.
- Les énergies fossiles, qui ont l'avantage de contenir beaucoup d'énergie récupérable dans une masse relativement faible.

#### B. L'énergie électrique

##### 1. Le transport de l'énergie électrique

L'énergie électrique est une énergie de choix pour le transport pour deux raisons principales.

Tout d'abord, elle permet un approvisionnement continu et efficace en énergie :

- Le réseau est relativement léger et peu coûteux (par rapport au réseau d'approvisionnement en eau courante par exemple).
- Les pertes en ligne sont relativement faibles même sur de longues distances (de l'ordre de 5% en France).
- Il est possible de fournir au consommateur final autant de puissance qu'il le souhaite.

Par ailleurs, l'énergie électrique peut facilement être transformée en « énergies finales » :

- en énergie thermique par effet Joule (plaques de cuisson électrique, radiateurs électriques...);
- en énergie lumineuse par des lampes ;
- en énergie mécanique par des moteurs électriques.

**2. Les piles et les accumulateurs** : Il est impossible de stocker de l'énergie sous forme électrique. En échange, on utilise des dispositifs qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la convertissent en énergie électrique, c'est le cas des piles électrochimiques et des accumulateurs électrochimiques (batteries).

➤ **Pile électrochimique ou pile électrique** : c'est un dispositif convertissant de l'énergie chimique en énergie électrique.

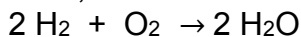
*Remarque* : elle ne peut pas réaliser l'opération inverse, autrement dit une pile électrique n'est pas rechargeable par définition. Les dispositifs nommés commercialement piles rechargeables sont en fait des accumulateurs électrochimiques.

➤ **Accumulateur électrochimique** : il peut convertir de l'énergie chimique en énergie électrique, c'est la phase de décharge. Il peut également convertir de l'énergie électrique en énergie chimique, c'est la phase de recharge.

*Remarque* : un des défauts des piles et des batteries est leur masse élevée par rapport à la quantité d'énergie stockée.

➤ **Les piles à combustible** : c'est un type particulier de pile électrochimique qui se caractérise par le fait que la réaction d'oxydoréduction qui se produit consomme un combustible qui est la majorité du temps du dihydrogène au lieu d'un métal.

Ainsi, le fonctionnement d'une pile à hydrogène se résume à l'équation suivante :



Un des avantages de cette pile : elle ne produit que de l'eau, ce qui ne pollue pas !

Un des inconvénients de cette pile : stockage complexe et dangereux du dihydrogène.

#### IV. Les impacts environnementaux des différentes énergies

##### A. La pollution de l'air

Lors de la combustion de ressources fossiles, il y a rejet dans l'environnement de particules nocives pour l'homme et pour l'environnement (pluies acides...)

##### B. L'effet de serre

###### **Document** : d'après Bordas 1ere L Edition 2007 Collection Lizeaux Baude

L'effet de serre est un phénomène naturel lié à la présence dans l'atmosphère de gaz qui permettent à la Terre de garder une température moyenne de 15°C. Sans lui, cette température serait de -18°C, ce qui n'aurait pas permis le développement de la vie.

La plus grande partie du rayonnement solaire traverse l'atmosphère pour réchauffer la surface du globe, puis la Terre, à son tour, réémet cette énergie sous forme de rayonnement infrarouge. Les gaz à effet de serre (GES) piègent une partie de ce rayonnement et le renvoient vers la surface de la Terre. En agissant de manière analogue aux vitres d'une serre, les GES réchauffent l'atmosphère.

L'utilisation importante de combustibles fossiles depuis le début de l'ère industrielle a engendré une forte augmentation des rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ces rejets ont eu pour conséquence d'amplifier l'effet de serre.

L'augmentation de cet effet de serre provoque :

- une élévation de la température de la planète,
- une évaporation plus importante de l'eau de mer,
- une fonte accélérée des glaciers, qui conduit à une augmentation du niveau de la mer et à une inondation des régions côtières.

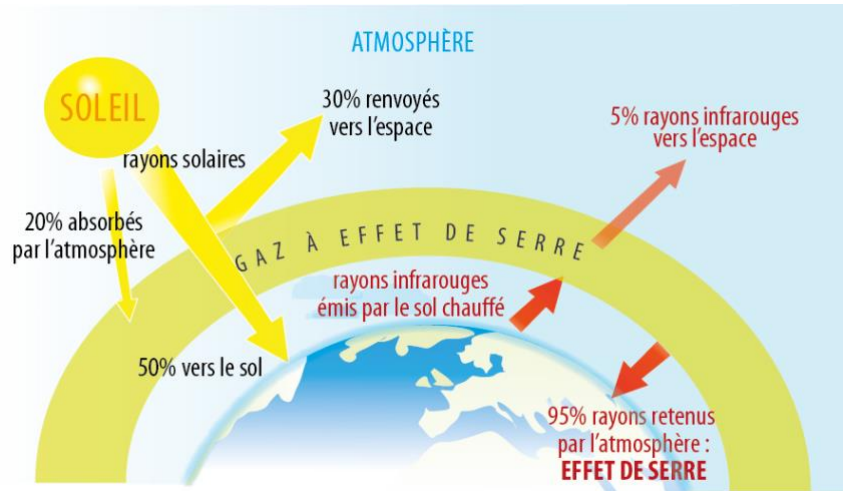
**Cours** : L'effet de serre est le phénomène naturel au cours duquel certains gaz (dits gaz à effet de serre) de l'atmosphère absorbent une partie de la chaleur de la surface terrestre.

L'effet de serre augmente la température moyenne à la surface d'une planète et est très sensible aux concentrations des gaz à effet de serre, comme le méthane ou le dioxyde de carbone.

Notons que sans effet de serre, la température moyenne à la surface terrestre serait d'environ  $-20^{\circ}\text{C}$  alors qu'elle vaut environ  $15^{\circ}\text{C}$  actuellement.

L'augmentation du taux de dioxyde de carbone, qui constitue moins de 0,04% de l'atmosphère actuellement, contribue à faire augmenter l'effet de serre et donc la température moyenne à la surface de la Terre. Ce réchauffement global amène un dérèglement climatique néfaste à l'ensemble de la planète.

Remarquons que les combustions produisent du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et augmentent donc l'effet de serre responsable du dérèglement climatique global.



### ➤ Qu'est-ce que le bilan carbone ?

On appelle bilan carbone d'une activité, l'ensemble des émissions de dioxyde de carbone liées directement ou indirectement à cette activité. Effectuer un bilan carbone complet est une tâche très complexe mais nécessaire si l'on veut faire des comparaisons entre activités.

*Au niveau du bilan carbone, toutes les combustions ne se valent pas :*

- *l'utilisation de combustibles fossiles produit du dioxyde de carbone lors de sa combustion mais aussi lors de son extraction, de son traitement et de son transport.*
- *L'utilisation de biomasse, notamment de bois, produit du dioxyde de carbone lors de sa combustion mais en consomme lors de sa fabrication (croissance du végétal).*

*Du point de vue de la production de dioxyde de carbone, il est donc préférable de brûler du bois ou d'utiliser un biocarburant issu de l'agriculture plutôt que de brûler un hydrocarbure issu de ressources fossiles.*

### **C. La gestion des déchets radioactifs**

La principale question écologique posée par l'utilisation de l'uranium réside dans le traitement et le stockage des déchets radioactifs.

On appelle déchets radioactifs les produits de la réaction nucléaire de fission de l'uranium. Les déchets radioactifs doivent être traités et stockés car certains restent radioactifs pour de longues durées. L'exposition à la radioactivité étant très nocive, les déchets radioactifs doivent être stockés loin de toute population, généralement sous terre, ou en mer.

#### **1. Période radioactive ou demi-vie radioactive T**

La période radioactive ou demi-vie radioactive d'un noyau radioactif est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux d'une population se désintègrent.

Exemples :

- L'uranium 235, noté  ${}_{92}^{235}\text{U}$  a une période radioactive de 704 millions d'années, c'est à dire qu'il faut 704 millions d'années pour que la moitié des noyaux d'une population se désintègrent.

- Le carbone 14, noté  $^{12}_6\text{C}$  a une période radioactive de 5730 ans. La disparition du carbone 14 permet de dater certaines œuvres d'art par exemple : il s'agit de faire le rapport entre le carbone 14 qu'il y avait au début et celui qui reste, ce qui permet de remonter à l'âge.

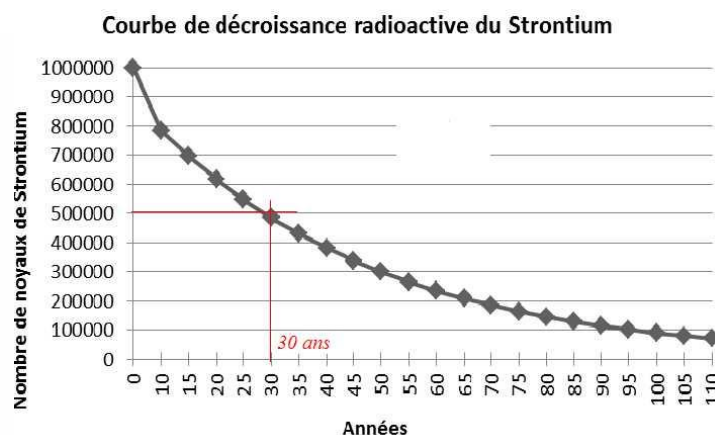
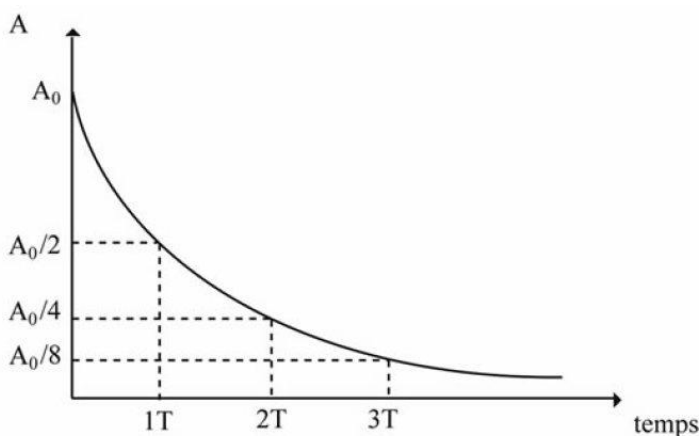
## 2. Activité d'un échantillon radioactif

On appelle activité d'un échantillon radioactif, notée A et exprimée en becquerel (Bq) le nombre de désintégrations radioactives qu'il subit en une seconde.

De ce fait, l'activité d'un échantillon est également la quantité de particules et/ou de rayonnements radioactifs nocifs émis par un échantillon en une seconde.

Plus l'activité d'un échantillon est élevée, plus l'échantillon est dangereux.

Dans un échantillon donné, le **nombre de noyaux radioactifs et l'activité** suivent une loi de décroissance radioactive. Ils diminuent avec le temps, en étant divisés par 2 à chaque fois qu'une durée d'une période radioactive T s'écoule.



Le strontium 90, noté  $^{90}_{38}\text{Sr}$  est un produit de fission. Sa période radioactive T est d'environ 30 ans (voir ci-dessus). Au bout de 5 périodes soit 150 ans, son activité sera divisée par  $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^5 = 32$  et on pourra la considérer comme négligeable par rapport à sa valeur initiale.

En revanche, le zirconium 93, noté  $^{93}_{40}\text{Zr}$  qui est également produit lors de la fission industrielle de l'uranium a une période radioactive de 1,53 millions d'années. Son activité ne sera donc négligeable que dans une dizaine de millions d'années.

Les déchets à très longue période radioactive comme le zirconium 93 sont ceux qui sont les plus problématiques. En effet, la nécessité de les stocker pendant des durées qui dépassent largement l'échelle de la vie humaine (des dizaines voire des centaines de millions d'années) pose à la fois des questions de sécurité à long terme et des questions éthiques sur l'héritage ainsi laissé aux générations futures.