

## Chapitre 3: Les matières radioactives et l'énergie nucléaire

### Introduction :


Tous les scientifiques, prévoient, pour le proche avenir, l'épuisement de la plupart des ressources énergétiques fossiles, si la demande sur cette énergie continue à s'accroître à la même cadence. Les recherches dans le domaine des énergies se sont orientées vers l'énergie nucléaire, basée sur l'utilisation des éléments radioactifs. Ces éléments radioactifs sont utilisés dans plusieurs domaines. Cependant, malgré leurs applications dans ces divers domaines, ils présentent des dangers pour la santé et l'environnement.

- **Quelles sont les avantages des éléments radioactifs et quel est leurs impact sur la santé et l'environnement ?**

### I. Les éléments radioactifs et la radioactivité :

#### 1. La découverte des éléments radioactifs et de la radioactivité :

##### a. Découverte historique de la radioactivité :



En 1896, Henri Becquerel avait placé, en obscurité, un objet contenant de l'uranium sur une plaque photographique roulée dans un papier épais et sombre. Quelques jours après, il observa que l'objet contenant l'uranium avait laissé une impression sur la plaque photographique.




Image de plaque photographique de Becquerel qui a été exposée au rayonnement d'un objet contenant de l'uranium.

.....

.....

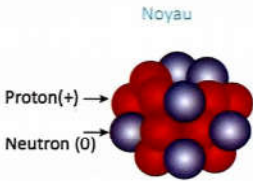
.....

.....

.....

.....

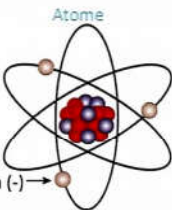
##### b. Organisation d'un noyau atomique :



**Noyau**

Proton(+) →

Neutron (0) →



**Atome**

Electron (-) →

Nombre de masse nombre de nucléons → A	X	Symbole de l'élément
Numéro atomique nombre de protons donc nombre de charges positives → Z		
$N = A - Z$ nombre de neutrons		

Le noyau de l'atome, est une combinaison de particules (ou nucléides) répartis entre protons, de charges positives, et neutrons, de charges nulles et d'électrons de charges négatives.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

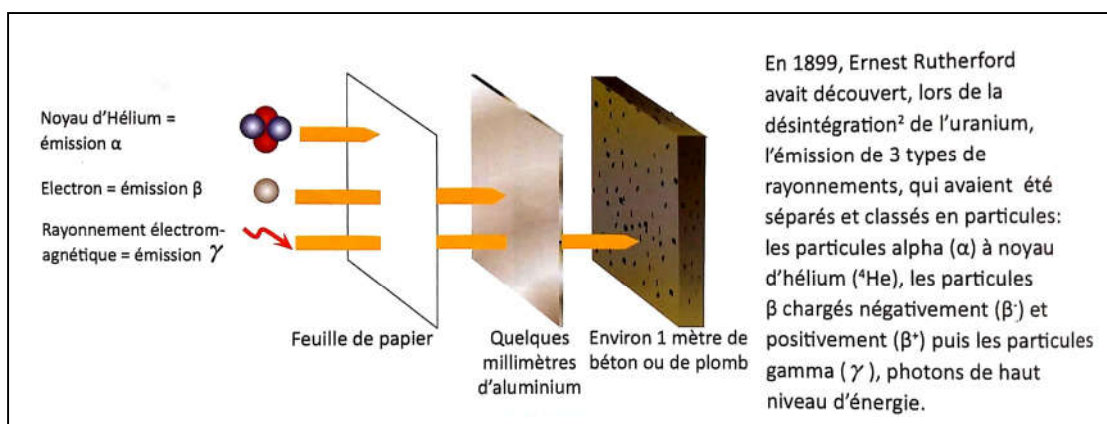
.....

.....

.....

.....

**c. La radioactivité émise lors de la désintégration des éléments radioactifs :**



- 1- Définissez la désintégration.
- 2- Dégagez les types des radiations actives émises par les éléments chimiques instables.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. Quelques caractéristiques des isotopes radioactifs et la fission nucléaire :**  
**a. La désintégration radioactive :**

**La décroissance radioactive :**  
 Suite à une désintégration spontanée, à l'état naturel, dans un échantillon de matière, les éléments radioactifs pères (P), se transforment en éléments fils (F). Les durées de ces transformations sont proportionnelles aux quantités transformées.

**La demi-vie des éléments chimiques radioactifs :**  
 Elle correspond à la durée au bout de laquelle la quantité des radionucléides, présents dans l'échantillon de départ, est réduite de moitié.

Isotope	Demi-vie	Unité temps
$^{14}\text{C}$	5730	Année
$^{39}\text{Ar}$	269	Année
$^{72}\text{Tl}$	0,2	Seconde
$^{131}\text{I}$	8,04	Jour
$^{238}\text{U}$	$4,46 \times 10^9$	Année
$^{90}\text{Th}$	$1,4 \times 10^{10}$	Année

**Famille radioactive de l'uranium :**  
 Ensemble de désintégrations jusqu'à l'apparition de nucléides stables.

➤ **Interprétez ce document.**

**b. La fission nucléaire :**

En bombardant un noyau atomique d'uranium  $^{235}_{92}\text{U}$  avec un neutron, celui-ci se fissionne (se casse) en libérant d'autres neutrons, avec émission de particules, produisant une grande quantité chaleur. Les neutrons libérés à leur tour vont fissionner d'autres noyaux et ainsi de suite. C'est une réaction en chaîne, provoquée, dégageant une gigantesque chaleur.

➤ **Montrez l'utilité de la fission nucléaire provoquée par l'homme.**

.....

.....

.....

.....

.....


.....

.....

.....

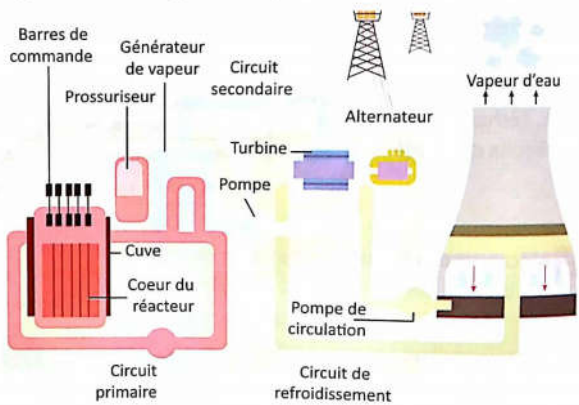
**II. Les avantages des éléments radioactifs :**

**1. Rôle des éléments radioactifs dans la production d'énergie :**



**Les centrales nucléaires :**  
Il existe actuellement environ 400 centrales nucléaires réparties à travers 32 pays au monde. L'énergie nucléaire est devenue une source importante de production d'électricité. Aujourd'hui, l'énergie nucléaire satisfait 17 % de la demande mondiale en l'électricité.

**Principe de conversion de l'énergie nucléaire en électricité :**  
La fission nucléaire en chaîne de l'uranium, libère la chaleur chauffante exploitée dans la production de l'électricité. La chaleur libérée est maîtrisée par des barres en cadmium et indium, qui par absorption partielle des neutrons, ralentissent la chaîne de fission, permettant une libération régulière de l'énergie atomique.



➤ **Montrez comment l'énergie nucléaire est convertie en énergie électrique.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

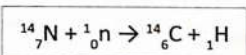
.....

.....

.....

## 2. La datation au moyen des éléments radioactifs:

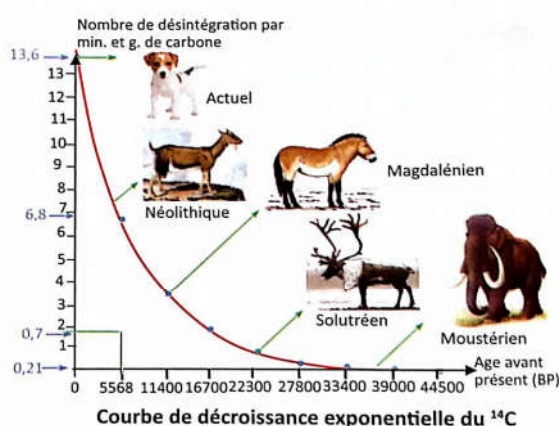
En haute atmosphère, l'azote se transforme en carbone  $^{14}\text{C}$  radioactif selon la réaction :



Par photosynthèse, les plantes absorbent le  $\text{CO}_2$  et fixent le carbone  $^{12}_6\text{C}$  et  $^{14}_6\text{C}$ , alors que les animaux le fixent par alimentation. A la mort la fixation cesse et par désintégration progressive la quantité du  $^{14}_6\text{C}$  diminue avec une demi-vie de 5730 années.

La date de la mort d'un organisme est déterminée par le rapport  $a/a_0$ , avec :

$a$ : radioactivité restante dans un fragment d'organisme  
 $a_0$  : radioactivité dans un organisme actuel de la même espèce.



En géologie, l'âge des minéraux, roches et fossiles est déterminée selon le même principe, en utilisant des couples radioactifs à longue demi-vie ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Rb}$ ,  $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ ).

Père	Fils	Demi-vie
238 Uranium	206 Plomb	4,5 milliards d'années
87 Rubidium	87 Strontium	47 milliards d'années
40 Potassium	40 Argon	1,3 milliards d'années

➤ Expliquez le principe de datation absolue des éléments.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3. Utilisation de matières radioactives dans les domaines industriel et médical :**

**a. Le rôle des éléments radioactifs dans le domaine agroalimentaire :**

L'irradiation en domaine agroalimentaire, est une application physique utilisant des radiations  $\gamma$  (émises par le cobalt 60 radioactif) ou les rayons X. Elle détruit à froid les micro-organismes et assure une meilleure conservation des produits alimentaires (viandes, poissons, légumes,... ). Elle inhibe la germination des graines et des bulbes et élimine les insectes parasites. Les photos de fraises ci-contre ont été prises après 15 jours au froid à 4°C.



Non irradié



irradié

➤ **Justifiez l'intérêt de l'utilisation des radiations ionisantes en industries agro-alimentaires.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**b. Utilisation des éléments radioactifs dans le diagnostic des maladies :**



Photo d'une thyroïde normale sans dysfonctionnement



Photo d'une thyroïde anormale présentant un dysfonctionnement

L'imagerie par scintigraphie consiste à injecter, au patient examiné, une faible quantité d'un élément radioactif, qui se fixe spécifiquement sur l'organe concerné. Le rayonnement émis, par désintégration de cet élément, est capté par une caméra spéciale qui donne l'image de l'organe en question. L'iode radioactif est utilisé dans le diagnostic des maladies thyroïdiennes et le calcium radioactif dans le diagnostic des maladies osseuses.

➤ Citez les différents aspects d'exploitation des éléments radioactifs dans le domaine médical.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....




.....

.....


.....

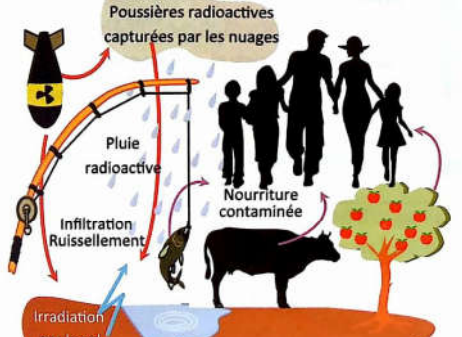
### III. Les dangers de la pollution nucléaire :

#### 1. Les unités de mesures de la radioactivité :

		
<p>Becquerel (Bq). Il correspond au nombre de désintégrations par seconde (représenté dans le schéma, par le nombre de pommes qui tombent de l'arbre).</p>	<p>Gray (Gy). Il mesure la quantité d'irradiations absorbée par une unité de masse (1gray = 1J/Kg), (représenté dans le schéma, par le nombre de pommes reçus par le corps).</p>	<p>Sievert (Sv). Il exprime les impacts biologiques des rayonnements sur l'organisme (correspond aux impacts des pommes (blessures, bosses) sur le corps).</p>

#### 2. Les dangers de la pollution nucléaires sur la santé :

<p>Notre corps est constamment soumis à des irradiations de sources différentes :</p> <p>- <b>Irradiations naturelles</b> : rayonnements cosmiques du soleil (9%), la radioactivité de l'écorce terrestre (12%), du gaz radon (40%) et de la radioactivité naturelle du corps humain.</p>	<p><b>Naturelle</b></p> <p>Cosmiques 0,3 mSv/an</p>		<p><b>Artificielle</b></p> <p>Radiologie 0,7 mSv/an</p>
	<p>Matériaux terrestres</p>		<p>Loisirs 0,05 mSv/an</p>



Poussières radioactives capturées par les nuages  
Pluie radioactive  
Infiltration Ruissellement  
Irradiation par le sol  
Nourriture contaminée

La contamination radioactive, se répand, dans tous les milieux naturels; air, sol, eau (cours d'eau-lacs-mers-océans) puis atteint les organismes vivants, par accumulation des polluants radioactifs, dans les tissus.

Dose de Radioactivité (mSv)	Les effets immédiats
0 - 250	Sans impacts
250 - 1000	Modification nette de la formule sanguine
1000 - 3000	Nausées, vomissement, fatigue.
4500	Mort dans 50% des cas

Les effets de la radioactivité sur le corps, sont dus à ses interactions avec les tissus vivants, en transférant son énergie aux molécules organiques. La gravité de ces effets est liée à la nature du rayonnement ( $\alpha$  ou  $\beta$  ou  $\gamma$ ), à son intensité ainsi qu'à la durée d'exposition. La radioactivité dans l'air ambiant, à laquelle le corps est exposé, ne devrait pas dépasser au maximum 50 mSv/jour. La probabilité d'apparition des cancers est proportionnelle à la quantité de radioactivité absorbée par le corps.

➤ **Dégagez les dangers de la pollution nucléaire sur la santé.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

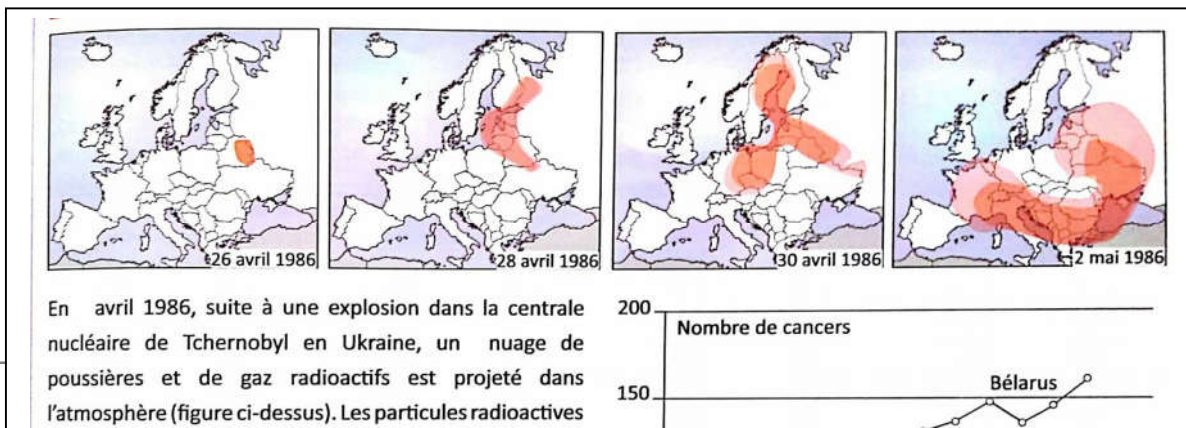
.....

.....

.....

.....

**3. Les effets de la radioactivité sur l'environnement :**





.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**IV. Problématique des déchets nucléaires et les alternatives écologiques :**

**1. Classification des déchets nucléaires :**

Les déchets nucléaires sont classés selon deux critères, la durée de leur activité radioactive, déterminée à partir de la demi-vie, et le niveau de radioactivité proportionnel à sa dangerosité. Ainsi, on distingue ;

- les déchets de haute activité (HA) et les déchets de moyenne activité et à vie longue (MAVL) : déchets issus du cœur du réacteur, hautement radioactifs pendant des centaines de milliers, voire millions d'années.
- les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) : déchets technologiques (gants, combinaisons, outils, etc.) qui ont été contaminés pendant leur utilisation. Leur nocivité ne dépasse pas 300 ans.
- les déchets de très faible activité (TFA) : matériaux activés provenant du démantèlement de sites nucléaires.

➤ **Comparez les types de déchets nucléaires, et indiquez ceux qui sont les plus dangereux.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

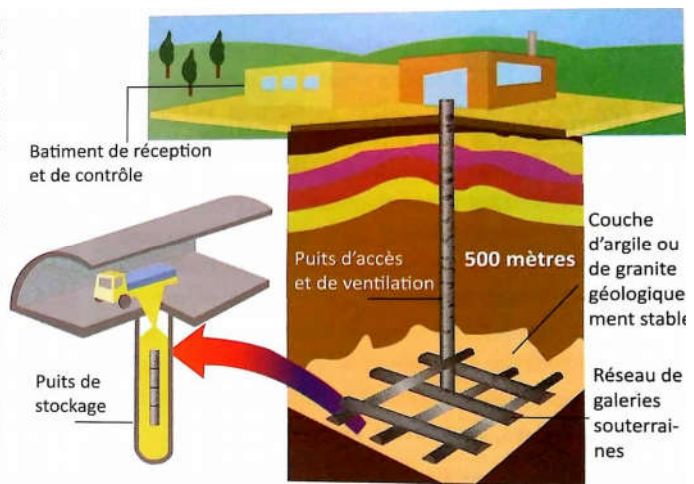
**2. Problématique de stockage des déchets nucléaires :**

Le stockage des déchets radioactifs, est un sérieux problème environnemental. Les éléments radioactifs continuent leur désintégration sur une longue durée. La perte totale de l'activité radioactive de ces éléments, nécessite au moins 20 fois leur demi-vie, ainsi le stockage demanderait une durée appartenant à l'échelle géologique. Les déchets contiennent divers éléments radioactifs : Césium-137 (demi-vie = 32 ans), Plutonium-239 (demi-vie = 24500 ans), Uranium-238 (demi-vie = 4,5 milliards d'années),... . Avant d'être placés dans les colis de stockage, les déchets radioactifs sont d'abord confinés dans du verre ou du béton, matériaux inoxydables et résistants aux différentes formes d'érosions et de radioactivité. Les figures ci-contre représentent les différents types de colis, qui se composent chacun de 15% de déchets et de 85% de parois.



Les déchets hautement radioactifs sont aussi dangereux pour l'environnement que pour la santé humaine. Pour éviter tout risque, ces déchets doivent être stockés, dans des endroits de très haute sécurité, en prenant les précautions suivantes :

- Une préparation au stockage dans des colis, aux enveloppes résistantes, empêchant et retardant les fuites radioactives.
- Choix d'un lieu de stockage éloigné des habitations, dans des endroits où il n'ya pas circulation des eaux, qui pourraient abimer les colis et disperser la radioactivité.
- Stockage des colis à l'intérieur de couches géologiques (argiles ou granites) stables et imperméables.



➤ **Dégagez les précautions de stockage des déchets nucléaires.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

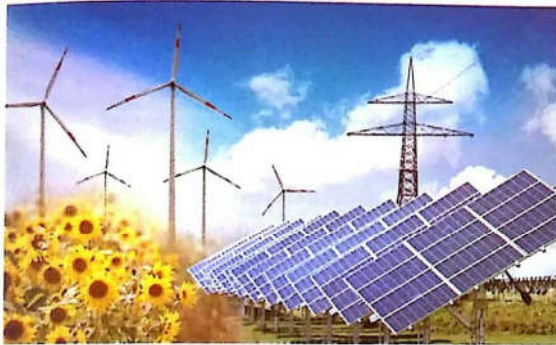
.....

.....

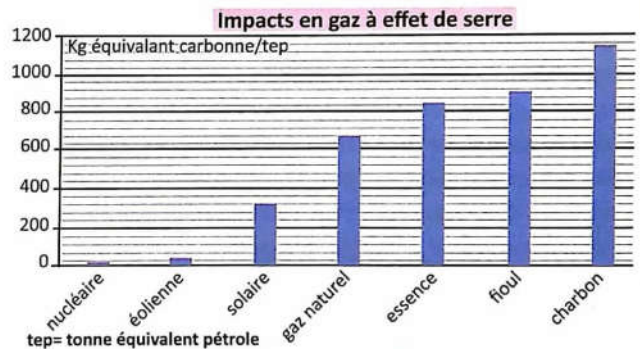
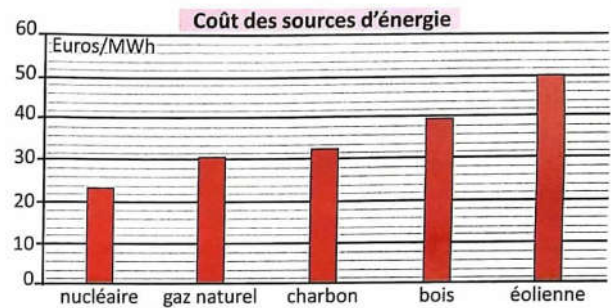
.....

.....

### 3. Problématiques des alternatifs écologiques :



Selon les avantages et les inconvénients de l'énergie nucléaire, les décideurs, les scientifiques et les organisations sont partagés entre défenseurs et opposants. Les défenseurs exercent des actions de lobbying sur les pouvoirs et l'opinion publiques visant à promouvoir l'énergie nucléaire, sous l'angle de ses avantages, alors que les opposants contrarient cette énergie, sous l'angle de ses inconvénients et encouragent l'utilisation des énergies renouvelables.



➤ **Interprétez les résultats des graphiques et discutez la problématique de l'énergie nucléaire et les alternatives écologiques.**

.....

.....

.....

.....

.....