

Chapitre 3 : Les substances radioactives et l'énergie nucléaire

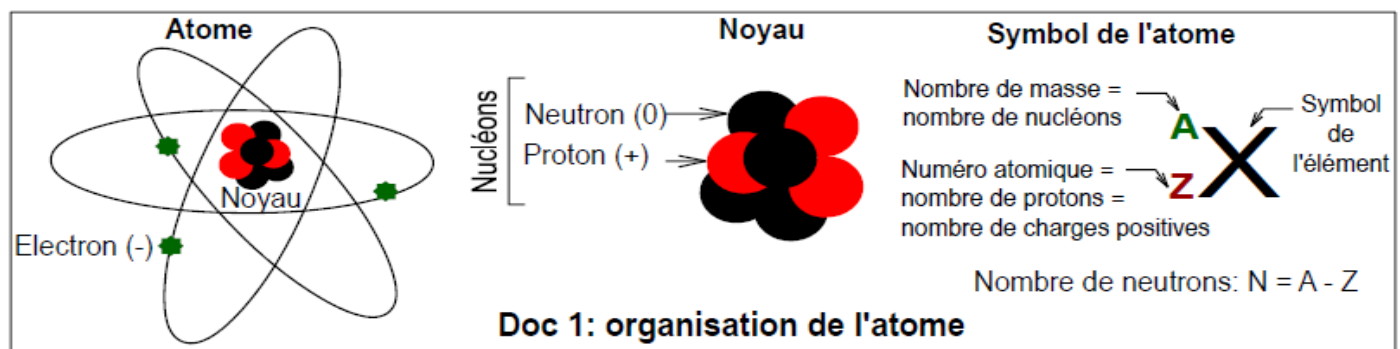
Utilisations et dangers

De nombreux professionnels de l'énergie comptent sur l'énergie nucléaire comme alternative aux ressources traditionnelles, cependant la pollution nucléaire est devenue l'une des nouvelles menaces pour l'environnement et la santé humaine.

- Quels sont les éléments radioactifs et quels sont leurs avantages?
- Quels sont les impacts négatifs de l'utilisation de l'énergie nucléaire sur l'environnement et la santé ?
- Comment peut-on gérer les déchets radioactifs ?

I/ les éléments radioactif et la radioactivité.

1/ structure de l'atome.



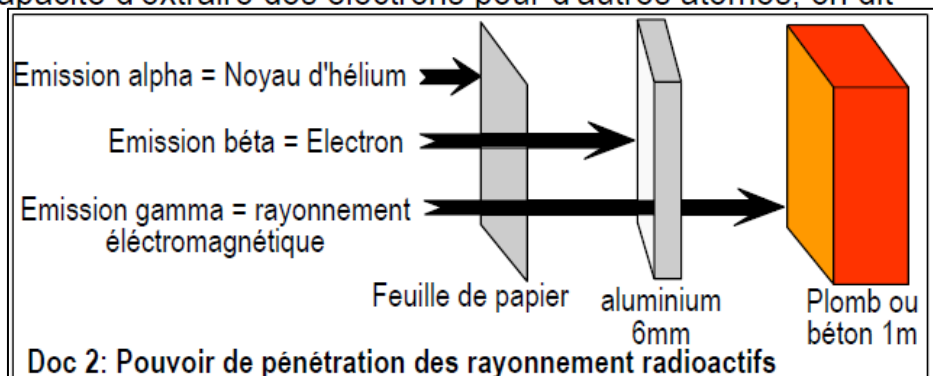
2/ Elément radioactif et radioactivité naturelle.

Certains atomes sont instables, on les appelle des « radionucléides ou radio-isotopes. Pour acquérir une meilleure stabilité, ces radionucléides expulsent de manière spontanée, une quantité d'énergie, sous forme de rayonnement et/ou de particules (α , β , γ) tout en se désintégrant en d'autres éléments. Ce phénomène de fission spontanée naturel est appelé « radioactivité » et ces atomes instables sont dit radioactifs.

Il existe trois grands types de désintégrations :

- La désintégration alpha (α) entraîne l'émission d'un rayonnement α . L'atome perd des protons et des neutrons. Il y a émission d'un noyau d'hélium.
- La désintégration bêta (β) entraîne l'émission d'un rayonnement β . Un neutron se transforme en proton ou *vice versa*. Il y a, le plus souvent, émission d'un électron et d'un antineutrino ou, parfois, émission d'un positron et d'un neutrino.
- Le rayonnement gamma (γ) correspond à l'émission de photons énergétiques.

Ces radiations ont la capacité d'extraire des électrons pour d'autres atomes, on dit qu'elles sont ionisantes.



3/ Quelques caractéristiques des isotopes radioactifs.

a- Demie vie et famille radioactive

La décroissance radioactive:

Suite à une désintégration spontanée, à l'état naturel, dans un échantillon de matière, les éléments radioactifs père (P), se transforment en éléments fils (F).

Les durées de ces transformations sont proportionnelles aux quantités transformées.

Quantité d'éléments "père" ou "fils"

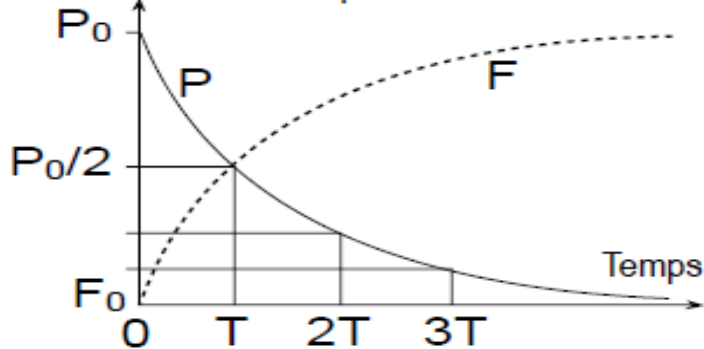


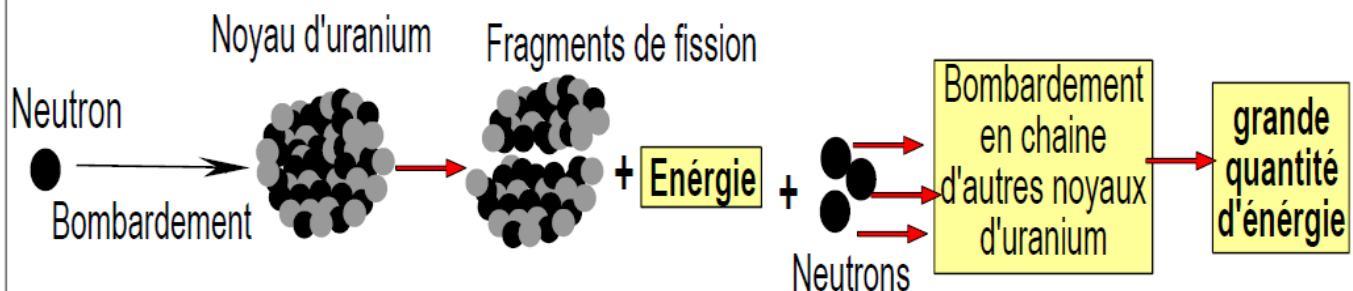
Fig a: La décroissance radioactive

Fig b: La demie 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 réduit de moitié.

Isotope	Demie vie
^{14}C	5730 année
^{39}Ar	269 année
^{72}Ti	0,2 seconde
^{131}I	8,04 jours
^{238}U	$4,46 \cdot 10^9$ année
^{90}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$ année

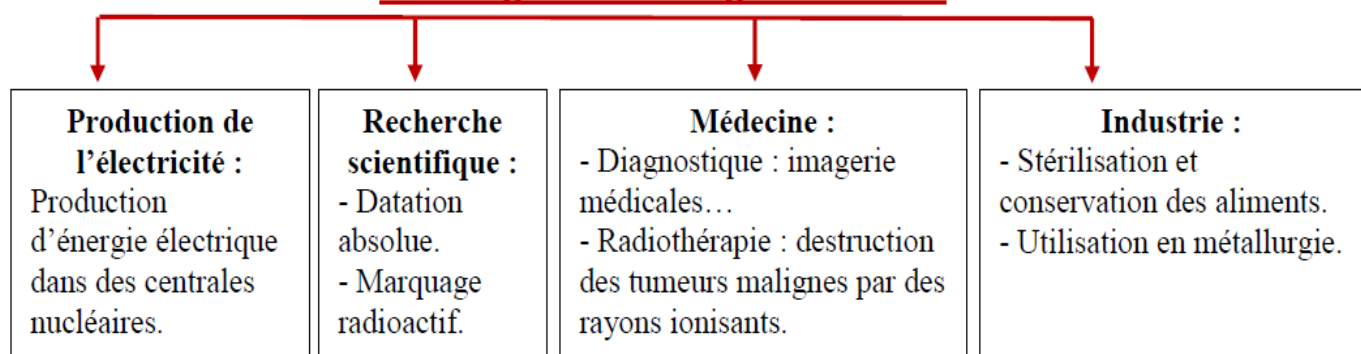
b- Radioactivité induite (fission nucléaire) et énergie nucléaire



Doc 3: La fission nucléaire en chaîne

III/ L'utilisation des substances radioactives.

Avantages de l'énergie nucléaire



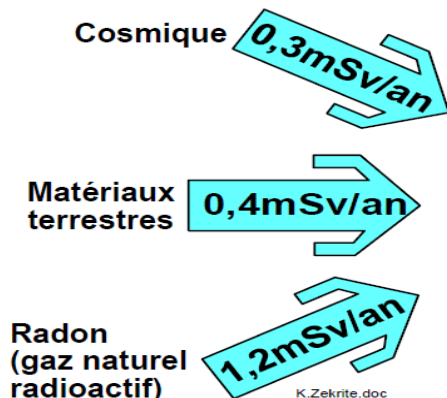
III/ Les dangers de la pollution nucléaire

1/ Les sources des rayonnements nucléaires

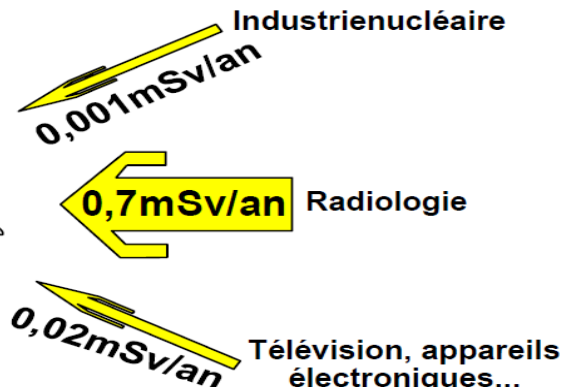
Document 6 : Source des rayonnements nucléaires agissant sur le corps

Sievert (Sr)= unité de mesure de la radioactivité, elle exprime l'impact biologique des rayonnements sur l'organisme.

Rayonnements naturels

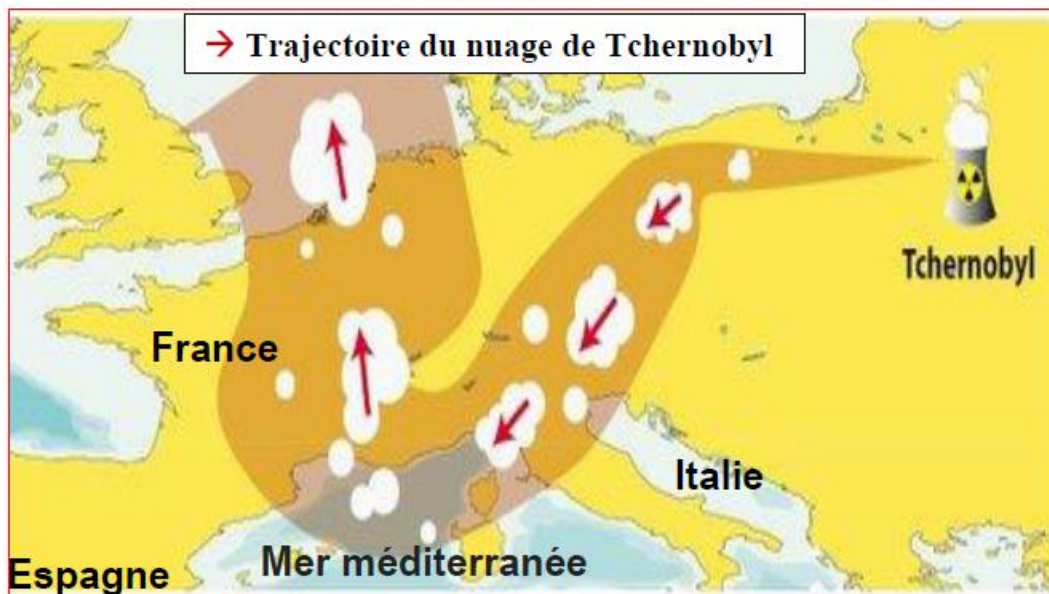


Rayonnements artificiels



Document 7 : Accident nucléaires de Tchernobyl

Pendant la nuit du 26 avril 1986, le réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) explosait, libérant dans l'atmosphère une quantité exceptionnelle de radioactivité. Après l'explosion, ce nuage radioactif s'est déplacé par le vent, et a recouvert près de 40% de l'Europe.



Certains radioéléments échappés de Tchernobyl sont toujours actifs, le césium 137, l'un des plus nocifs, possède une demi-vie d'environ trente ans. Quelques 4400 personnes dans la seule Ukraine ont été tuées suite à l'explosion du fait de l'incendie qui a suivi. Environ 7 millions de personnes en Biélorussie, en Russie et en Ukraine souffrent physiquement ou psychologiquement des effets des rayonnements liés à la catastrophe. Les rayonnements créent une instabilité génétique qui pourrait continuer à s'exprimer dans les générations à venir.

Notre corps est constamment soumis à des irradiations de sources différentes :

↳ **Irradiations naturelles** : rayonnement cosmique du soleil, radioactivité de l'écorce terrestre, du gaz radon et de la radioactivité naturelle du corps humain.

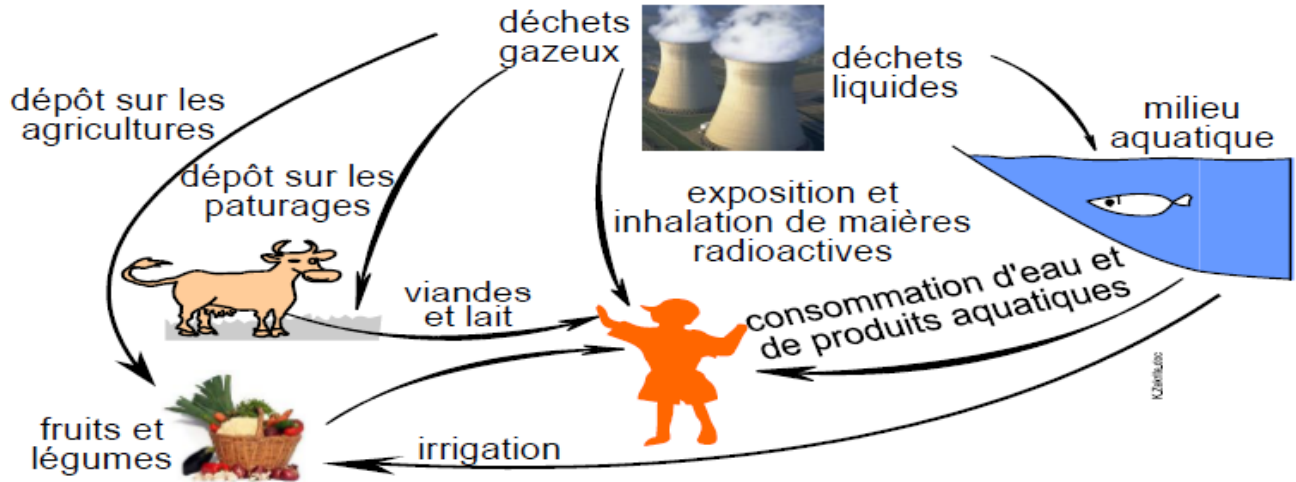
↳ **Irradiations artificielles** : examens radiologiques, la télévision et appareils électroniques, peintures luminescente, des poussières radioactives de sources diverses : rejets d'installations nucléaires, essais nucléaires, accidents dans les centrales nucléaires ...

2/ Impact des rayonnements nucléaires sur la santé et l'environnement :

↳ Impact de la radioactivité sur l'environnement (doc 8)

- Pollution des trois milieux naturels (eau, sol, air)
- Après contamination des sols et des eaux, il y'a transfert et bioaccumulation des déchets radioactifs le long des chaines alimentaires jusqu'à atteindre des valeurs toxiques dans les tissus des êtres vivants situés au sommet de la pyramide trophique comme l'homme.

Document 8 : Impact de la radioactivité sur l'environnement.



↳ Impact de la radioactivité sur la santé:

Document 9 : Impact de la radioactivité sur la santé

Doses de la radioactivité (mSv)	les effets immédiats
0 - 250	Sans impact
250 - 1000	Modification nette de la formule sanguine
1000 - 3000	Nausées, vomissement, fatigue
4500	Mort dans 50% des cas



Brûlure de la peau et malformation des nouveau-nés à la suite de l'explosion de la bombe atomique à Hiroshima.

❁ Bien qu'inodores بدون رائحة et invisibles, les radiations nucléaires peuvent avoir de graves conséquences sur la santé humaine, voire entraîner la mort au bout de quelques heures. Leur impact dépend de la dose reçue et le temps d'exposition, de la nature du rayonnement (α , β , ou γ), de l'endroit irradié, de l'étendue de la zone concernée ...

❁ Les particules radioactives irradient la peau ou les yeux (**irradiation externe**) ou se fixent à l'intérieur du corps, via l'inhalation عبر الاستنشاق, le passage au travers de la peau ou l'ingestion d'aliments et d'eau (**contamination interne**). Les rayonnements agissent sur les cellules et altèrent les molécules d'ADN et/ou entraînent la mort des cellules quand la dose est forte. Ainsi ils causent plusieurs dégâts sanitaires :

- Des mutations qui sont la cause des cancers : de sang, de la thyroïde ..
- Des malformations chez le nouveau-né.
- Des brûlures.
- La stérilité.

III/ Les déchets nucléaire : problématique et gestion

Les déchets nucléaires correspondent aux matières radioactives non utilisables et non recyclables, destinés au stockage, produit par les activités utilisant les éléments radioactifs (centrales nucléaire, technologies, radiologie médicale ...)

1/ Classification des déchets nucléaire :

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 son danger, ainsi on distingue :

- Les déchets de très faible activité (TFA) : matériaux activés provenant du démantèlement de sites nucléaires
- Type (A): Déchets de faible à moyenne activité et de courte durée de vie. (leur nocivité ne dépasse pas 300 ans.). Exemples : gants, combinaisons, outils, etc, qui ont été contaminés pendant leur utilisation
- Type (B): Déchets de faible à moyenne activité et de longue durée de vie.
- Type (C): Déchets de haute activité et de longue durée de vie (des centaines de milliers, même des millions d'années.)

2/ Problématique de stockage des déchets nucléaire :

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), Uranium 238 (demi – vie = 4,5 milliards d'années).

3/ Gestion et stockage des déchets nucléaires :

Les concepts de stockage et de gestion doivent isoler les matières radioactives de l'environnement pendant le temps nécessaire à la décroissance de la radioactivité.

a/ Emballage = conditionnement التعبئة :

- ↳ Les déchets radioactifs sont d'abord confinés (تحتصر) dans du verre ou du béton.
- ↳ Après ce confinement, ces déchets sont placés dans des colis en acier الفولاذ , براميل من الفولاذ , inoxydables et résistants aux différents formes d'érosion et empêchent les fuites



b/ Stockage

- Pour les déchets de faible à moyenne activité, le stockage des colis se fait dans des centres de stockage contrôlés situés en surface de la terre.
- Pour les déchets hautement radioactifs, à haut risque, le stockage doit se faire dans des endroits de très haute sécurité, en prenant les précautions suivantes :
 - Choix d'un lieu de stockage éloigné des habitations, dans des endroits où il n'y a pas de circulation des eaux, qui pourrait altérer les colis et disperser la radioactivité.
 - Enfouissement **طمر** des colis à l'intérieur des couches géologiques (argile ou granite) : profondes, stables et imperméables.

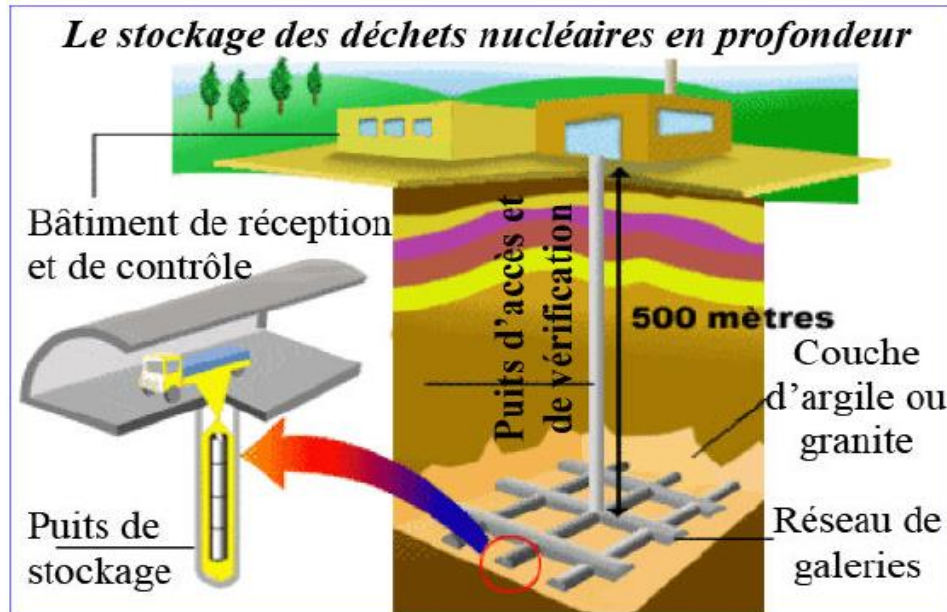
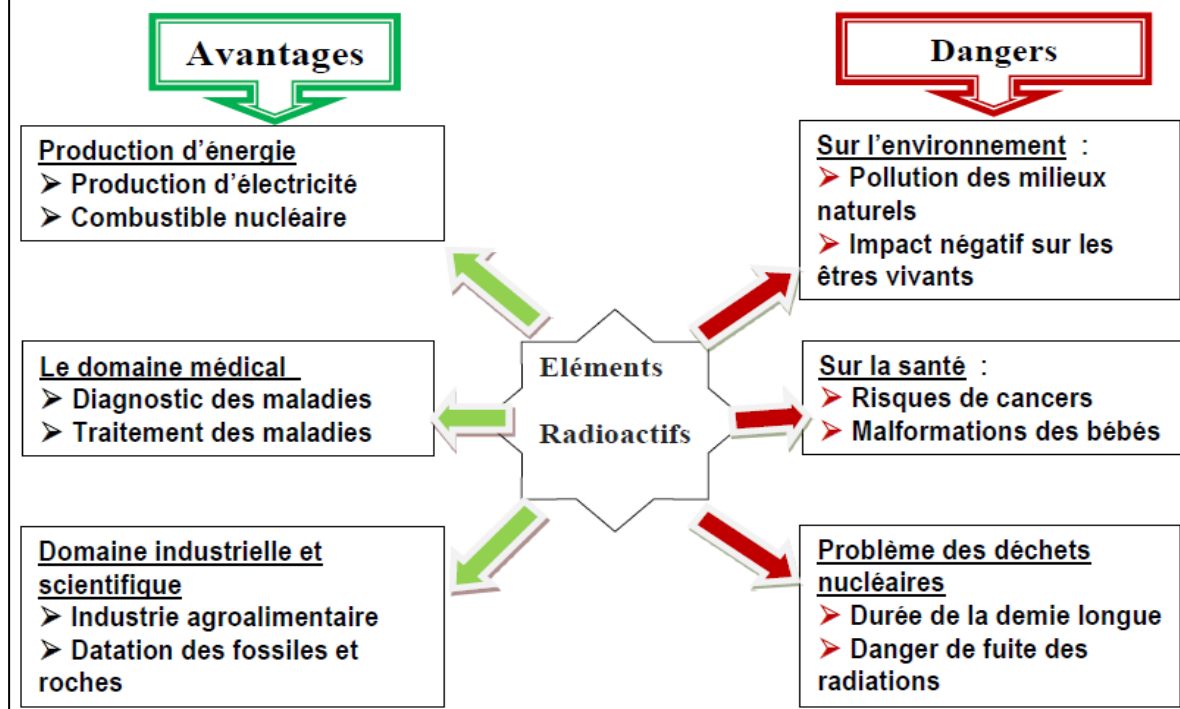


Schéma bilan du chapitre 3 : Les éléments radioactifs, utilisations et dangers



Chapitre 4 : Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels.

مراقبة جودة وسلامة الأوساط الطبيعية

Les milieux naturels, eau, air et sol connaissent de profonds changements dus aux diverses activités Humaines. La qualité de vie des êtres vivants est étroitement liée à l'état de santé de ces milieux naturels.

- Comment peut-on évaluer la qualité des milieux naturels ?
- Quelles sont les mesures prises pour protéger ces milieux et préserver leur biodiversité ?

I/ Contrôle de la qualité des milieux naturels

1/ Contrôle de la qualité de l'air

Fig a: Station de contrôle de la qualité de l'air équipée de matériels de contrôles de mesures



Fig b: Polluants atmosphériques dans l'air de la ville de Marrakech (Décembre 2000)

	Station: Bab doukkala	Station: Palmeraie	Normes nationales
Moyenne annuelle de SO ₂ (ug/m ³)	135,6	4,5	100
Moyenne annuelle de NO ₂ (ug/m ³)	84,6	1,7	100
Moyenne de SO ₂ pendant 8h (ug/m ³)	69,2	70,9	100
Moyenne annuelle des particules en suspension	-	-	200

✍ L'évaluation de la qualité de l'air est basée sur les mesures des teneurs de polluants atmosphériques, notamment O₃ de la basse atmosphère, NO₂, SO₂ les particules en suspension.

✍ L'organisation mondiale de santé (OMS), a déterminé des normes pour certains polluants, à ne pas dépasser, pour une bonne qualité de l'air et pour une bonne santé. Le respect de ces normes oblige les pays à installer des stations de contrôle de la qualité de l'air dans des endroits différents.

✍ Ces mesures ont révélé que les gaz et les particules en suspension sont moins abondants dans les stations contrôlées les plus éloignées des gares routières.

2/ Critères de mesure de la qualité de l'eau

a/ Critères physico-chimiques :

L'évaluation du taux de quelques polluants est basée sur la mesure de certains paramètres physico-chimiques : pH, la température, la transparence, la couleur, le goût, l'odeur, la conductivité, l'O₂ dissous, les substances minérales dissoutes, la DCO, la DBO₅, les matières en suspension ... (doc 5)

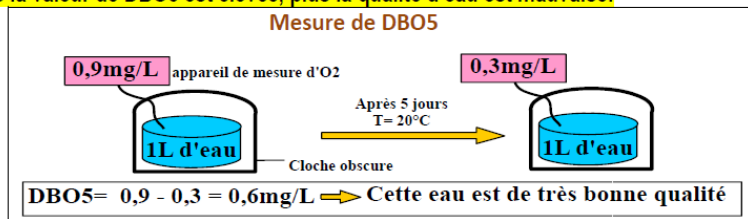
Niveau de qualité décroissant					
Niveau de qualité	1A	1B	2	3	4
Critères	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Température (°C)	20	22	25	30	
Matières en suspension		25	70	150	
DCO (mg/L)	20	25	40	80	
DBO ₅ (mg/L)	3	5	10	25	
NH ₄ (mg/L)	0,1	0,5	2	8	
NO ₃ (mg/L)	0,1	0,3	1	2	
NO ₂ (mg/L)			50	100	
SO ₄ (mg/L)			250		
Cl (mg/L)	100	200	400	1000	
O ₂ dissous (mg/L)	7	5	3		

Doc 5: Paramètres physico- chimique de la qualité d'eau

↳ **DBO₅** : la demande biologique en oxygène pendant 5 jours : C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les substances organiques biodégradables qui se trouvent dans l'eau, par les bactéries aérobies, pendant 5 jours. La DBO₅ se mesure en obscurité à une température de 20 °C, elle est exprimée en mg/L.

La DBO₅ exprime indirectement le taux des substances organiques biodégradables dans l'eau.

Plus la valeur de DBO₅ est élevée, plus la qualité d'eau est mauvaise.



↳ **DCO** : La demande chimique en oxygène : C'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique de toutes les substances organiques. Elle est mesurée dans les mêmes conditions de mesure de la DBO₅. La DCO traduit indirectement le taux de toutes les substances organiques (débris végétaux, pesticides ...).

Plus la valeur de DCO est élevée, plus la qualité d'eau est mauvaise.

↳ **MO** : matières oxydables est un critère synthétique qui tient compte à la fois de la DBO₅ et la DCO.

$$MO = \frac{2DBO_5 + DCO}{3}$$

Plus la valeur de MO est élevée, plus la qualité de l'eau est mauvaise.

b/ Critères biologique :

On peut estimer le degré de pollution des eaux courantes à partir de:

↳ **La présence, dans l'eau, des organismes invertébrés dits indicateurs :**

■ Indicateurs d'eaux pures : organismes très sensibles à la pollution organique et aux bactéries.

Exemple : larves d'éphéméroptères et plécoptères.

■ Indicateurs d'eaux polluée : organismes qui ne se développent que dans une eau riche en matières organiques. Ce sont des indicateurs de la pollution organique. Exemple : larves de chironomes, vers tubifex mais aussi de nombreuse algues et bactéries.

Larve d'éphémère indicateur d'eaux pures



Larve de chironomes indicateur d'eaux polluée



↳ **L'indice biotique (IB)** : On peut chiffrer la qualité de l'eau en utilisant l'indice biotique :

Doc 6 : Evaluation de la qualité de l'eau en utilisant l'indice biotique (IB)								
Sensibilité décroissante à la pollution organique	Unités taxonomiques		Nombre de familles de chaque unité taxonomique	Nombre total des unités taxonomiques dans l'échantillon				
				0 à 1	2 à 5	6 à 10	11 à 15	≥16
	Indice biotique (IB)							
1	Plécoptères ; Ecdyonurides (type d'Ephéméroptères)	Plus de 1	-	7	8	9	10	
		1	5	6	7	8	9	
2	Trichoptères	Plus de 1	-	6	7	8	9	
		1	5	5	6	7	8	
3	Ephéméroptères ; Mollusques bivalves	Plus de 2	-	5	6	7	8	
		2 ou moins	3	4	5	6	7	
4	Hémiptères ; Libellules Crustacés ; Snails d'eau		3	4	5	6	7	
5	Sangsue ; Hémiptères		2	3	4	5	-	
6	Vers tubifex; Larves des chironomes.		1	2	3	-	-	
7	Larves des mouches des fleurs		0	1	1	-	-	
Limite de pollution			eaux non polluée		eau polluée			

Limite de pollution

eaux non polluée

eau polluée

En effet, on prélève un échantillon d'une cour d'eau, et on détermine le groupe d'invertébrés indicateur, c'est-à-dire le plus sensible à la pollution de l'eau et le nombre de familles dans cette unité taxonomique. D'autre part, on détermine l'ensemble des unités taxonomiques (systématiques) présentes dans l'échantillon d'eau. Le recoupement entre la ligne correspondant au groupe indicateur avec la colonne correspondant au nombre des unités taxonomiques indique une valeur de l'indice biotique (IB).

La valeur (IB) permet de déterminer la qualité de l'eau :

- Si l'indice biotique > 5 → Eau non polluée
- Si l'indice biotique ≤ 5 → Eau polluée.

Exemple :

L'existence des larves de libellules dans un échantillon renfermant 12 unités taxonomiques correspond à l'indice 6.

Exercice d'application :

Considérons un échantillon d'eau contenant les organismes suivants

Unités systématiques	Ephéméroptères (autres que Ecdyonurides)	Libellules	Sangsue	Mollusques bivalves
Nombre	04	02	05	02
Total	13			

Déterminer la valeur de l'indice biotique (IB) et classer l'eau étudiée

Réponse :

On détermine d'abord le groupe d'invertébrés indicateur, c'est-à-dire le plus sensible à la pollution de l'eau, c'est le groupe des Ephéméroptères et des Mollusques bivalves : Unités taxonomiques n°3, le nombre de famille dans cette unité est 2 (les éphéméroptères et les mollusques). D'autre part le total des unités systématiques est 13.

On lit la valeur correspondant au recoupement entre la ligne de l'unité n°3, 2^{ème} ligne (2 ou moins) et la colonne (11 à 15) :

IB = 6 → L'eau étudiée n'est pas polluée

3/ Contrôle de la qualité du sol : (IBQS)

La biodiversité biologique est considérée comme un bon critère d'évaluation de la qualité du sol. Elle peut être mesurée par à l'aide de l'**indice biotique de qualité du sol (IBQS)**, qu'on peut déterminer en se basant sur la macrofaune du sol. Certaines espèces de ces organismes sont de bons indicateurs de la qualité du sol. La qualité est évaluée par une note allant de 1 à 20.

$$IBQS = \sum \ln(Di + 1) \cdot Si$$

Di = abondance moyenne des groupes faunistiques indicateurs dans 10 relevés du sol.

Si = capacité de distinction de ces groupes.

IBQS faible → le sol est de mauvaise qualité

IBQS élevé → le sol est de bonne qualité

IBQS	Note attribuée	Type de qualité	Evaluation de la qualité
< 282 – 685	1 – 4	I	Mauvaise
686 – 1089	5 – 8	II	Moyenne
1090 – 1492	9 – 12	III	Bonne
1493 – 1997	13 – 17	IV	Très bonne
1998 – 2300	18 – 20	V	Excellente

II/ L'état de santé des milieux naturels, dégradation et préservation

1/ Dégradation des milieux naturels

Les différents aspects de dégradation des milieux naturels, déforestation, pollution, désertification,... sont désormais accentuée par le modernisme de la civilisation humaine. Ainsi un grand nombre d'espèces végétales et animales sont disparus de notre monde, alors que d'autres sont en voie de disparition. La préservation des espèces menacées est devenue une préoccupation aussi bien nationale qu'internationale.



2/ Préservation de la santé des milieux naturels au Maroc الحفاظ على صحة الأوساط الطبيعية في المغرب

الطبيعية في المغرب

Les accords internationaux **الاتفاقيات الدولية** issues du congrès **مؤتمر** de Rio 1992, dont le Maroc est membre signataire **عضو موقع**, ont activé la coordination des efforts **تنسيق الجهود** entre les états afin de concrétiser **تشكيل** les moyens de préservation des ressources naturelles, dans un cadre de développement durable **تنمية مستدامة**, en association avec des organismes nationaux et internationaux **هيئات وطنية ودولية**. Ainsi les réserves naturelles, zones protégées sont devenues l'occupation principale d'organisations nationales (fondations Mohamed VI pour la protection de l'environnement, association Marocaine pour la protection des animaux, association des enseignants des sciences de la vie et de la terre) pour la protection de la diversité biologique.



Parc national de Toubkal (Maroc)
المنتزه الوطني لتوبقال (المغرب)



Réserve nationale de sidi boughaba (Maroc)
المحمية الوطنية لسيدي بوعابة (المغرب)

Bilan du chapitre 4

Contrôle de la qualité de l'air :

Repose sur la concentration de certains polluants dans l'air : CO₂, CO, SO₂, NO₂, particules en suspension PES...

Contrôle de la qualité du sol:

Repose sur l'abondance, la diversité et l'activité des êtres vivants qui participent au fonctionnement du sol. On utilise IBQS (indice biologique de la qualité du sol) Plus IBQS augmente, plus la qualité du sol est meilleur.

Contrôle de la qualité de l'eau:

se base sur:

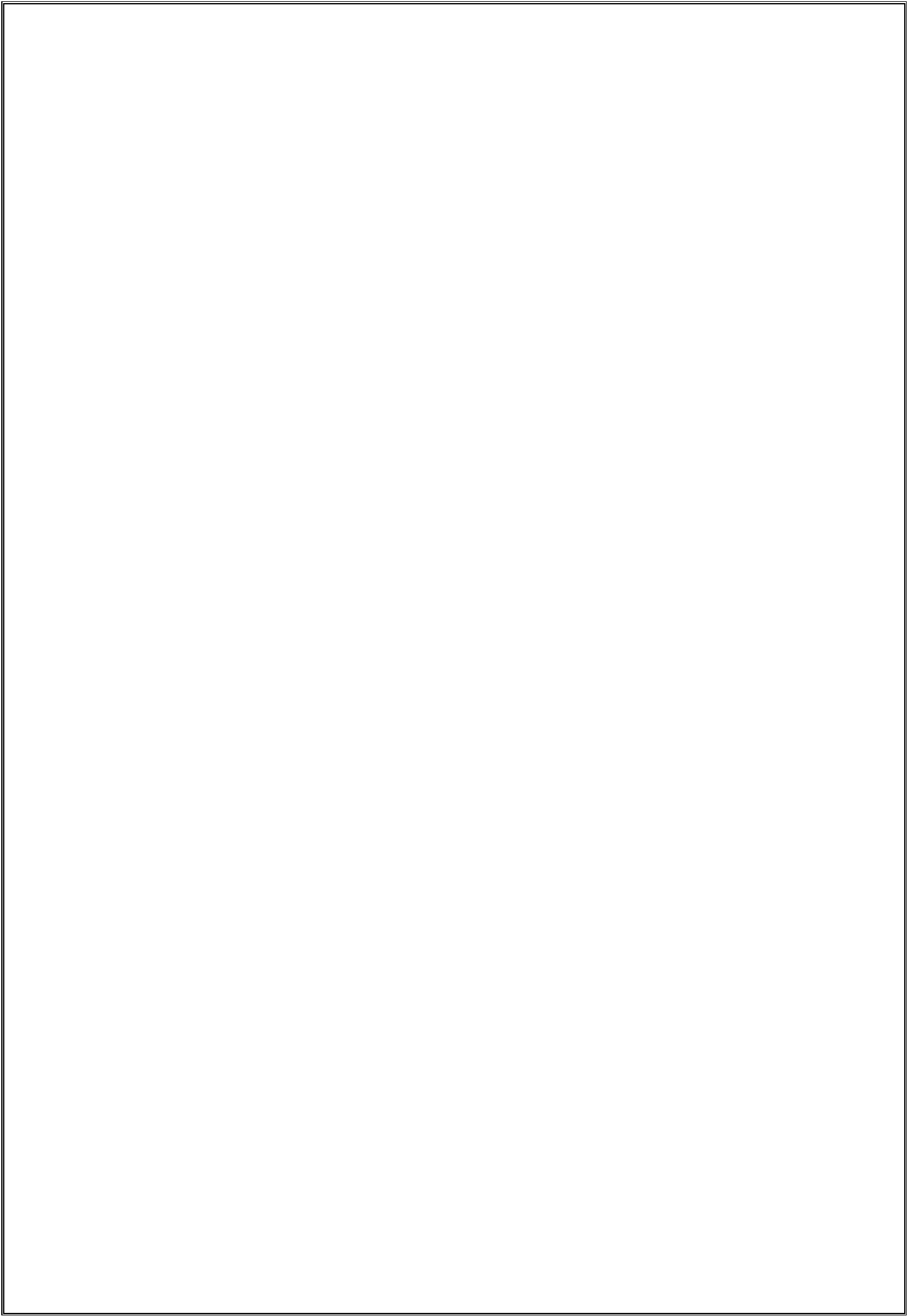
- Physiques : limpidité, température, conductibilité...
- Chimique : pH, teneur en O₂, DBO₅, DCO. Plus la valeur de DBO₅ et DCO augmente et la teneur en O₂ diminue plus l'eau est polluée et inversement.
- Biologique : se base sur des organismes indicateurs et le calcul de l'indice biotique (IB). Plus IB est grande plus la qualité du sol est meilleur.

But : Maintenir la qualité et la santé de l'environnement naturel afin de préserver l'équilibre naturel et la biodiversité et la santé humaine.

Participation des autorités responsables et des organisations de la société civile intéressées :

- Elaboration de lois pour la protection de l'environnement
- Réalisation de projets de protection de l'environnement
- Sensibilisation de la population envers l'importance de la préservation de l'environnement.

Fin



😊

Domaines d'habilités :Raisonnement scientifique et communication graphique et écrite

Exercice: 1

Le bassin de Sebou est le siège de plusieurs activités industrielles intenses qui interviennent fortement dans la pollution des ressources en eau. Pour mettre en évidence l'influence de cette pollution sur les eaux de l'oued Sebou, on propose les données suivantes :

- L'aloze est un genre de poisson qui vit en mer et remonte dans les fleuves pour se reproduire. Des études effectuées au niveau de l'oued Sebou ont donné les résultats présentés dans les documents 1, 2 et 3.

Quantité d'aloze pêchée annuellement en tonne

Années	Quantité (tonnes)
1963	540
1965	345
1968	191
1971	13
1973	13
1976	13
1980	13

Doc. 1 : Quantités d'aloze pêchée à l'Oued Sebou entre 1963 et 1980.

Sucreries	Température de l'eau du fleuve avant la mise en place des usines	Température de l'eau du fleuve après la mise en place des usines
Sidi Slimane	32°C	38°C
Machraâ Belqsiri	32°C	38°C
Sidi Allal Tazi	32°C	38°C
Idriss 1 ^{er}	32°C	38°C

Doc. 2 : Variation de la température des eaux de l'oued Sebou avant et après la mise en place des sucreries

Solubilité d'O₂ en 10⁻³ mol/L

Température (°C)	Solubilité d'O2 (10 ⁻³ mol/L)
0	1.5
10	1.2
20	1.0
30	0.8

Doc. 3 : Variation de la solubilité d'O₂ dans les eaux de l'Oued Sebou en fonction de la température.

1 - En exploitant les données des documents 1, 2 et 3, interprétez la régression des quantités d'aloze pêchées annuellement à l'Oued Sebou.

- Les moulins à huile d'olive rejettent à Fès et régions, entre novembre et février de chaque année, de grandes quantités de déchets d'olives appelés les marjines. Ces marjines contiennent des proportions importantes de substances organiques qui s'ajoutent aux déchets ménagers et industriels déversés dans l'oued, provoquant ainsi sa pollution.

- La figure (a) du document 4 présente la variation du critère de la demande biologique en oxygène DBO5 (mg/L). La DBO5 signifie la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader les matières organiques qui se trouvent dans l'eau par des bactéries aérobies pendant 5 jours, à l'obscurité et sous une température de 20°C.
- La figure (b) du document 4 présente la variation de la concentration du dioxygène (O₂) dissous dans l'eau de l'oued Sebou.

Les mesures ont été effectuées dans des stations situées en aval du site du déversement des déchets de la ville de Fès, avant et pendant la période du rejet des marjines.

DBO5 en mg/L

Site de déversement des déchets de Fès

Fig. a

Quantité d'O₂ en mg/L

Site de déversement des déchets de Fès

Fig. b

Doc. 4

2 - A partir du document 4, et en fonction de la distance enKm :

- a - Comparez la variation de la DBO5 avant et pendant le rejet des marjines (figure a)
- b - Comparez la variation de la concentration d'O₂ dissout dans l'eau de l'oued Sebou avant et pendant le rejet des margines (figure b).

3 - Déduisez des deux comparaisons, et des données précédentes la relation entre la DBO5, la quantité d'oxygène dissout dans l'eau et le rejet des déchets organiques dans les eaux de l'oued Sebou.

4 - Proposez une procédure convenable pour limiter les aspects de la pollution des eaux de l'oued Sebou.

😊

Domaines d'habilités :la restitution des connaissances

😊

L'eutrophisation se déroule selon la succession des étapes suivante :

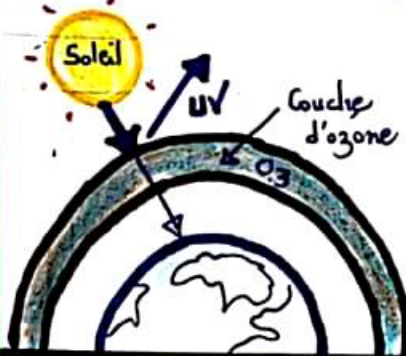
- ☐ A. pollution et N et P → prolifération des algues → décomposition anaérobie → dégradation de l'écosystème aquatique .
- ☐ B. pollution et N et P → décomposition anaérobie → prolifération des algues → dégradation de l'écosystème aquatique .
- ☐ C. pollution et N et P → prolifération des algues → dégradation de l'écosystème aquatique → décomposition anaérobie .
- ☐ D. pollution et N et P → dégradation de l'écosystème aquatique → prolifération des algues → décomposition anaérobie .



Pollution de l'air



Trou d'ozone



✓ Amincissement de la couche d'ozone (O_3), qui protège la terre des rayonnements UV nocifs émis par le soleil

✓ La destruction de la couche d'ozone :

Réactions de l' O_3 avec les polluants chlorés (CFC) selon la réaction



les gaz CFC (chloro-fluoro-carbones), produit par les aérosols et les liquides réfrigérants, sont la principale source des polluants chlorés

→ la pénétration des UV provoque des cancers, vieillissement précoce de la peau ...

Effet de serre



✓ Phénomène naturel qui entraîne le réchauffement de la terre par la réflexion d'une partie des rayons infra-rouges émis par la terre sous l'action de CO_2 , CH_4 , ...

Les gaz à effet de serre et leurs origines :

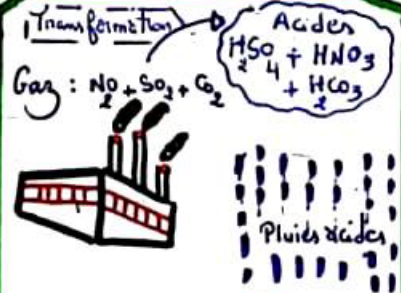
✓ CO_2 : Combustion des combustibles énergétiques...

✓ CH_4 : Fermentation des matières organiques

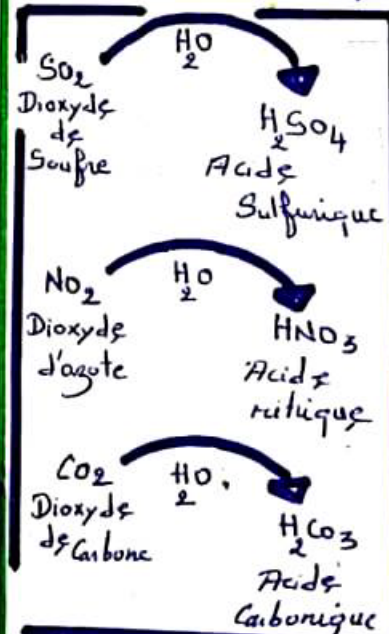
→ Augmentation des gaz à effet de serre entraîne le réchauffement climatique, Augmentation du niveau des mers (inondations) et déséquilibre des écosystèmes



Pluies acides



Le sont des précipitations acides à pH/5. Cette acidité résulte des réactions de l'eau atmosphérique avec SO_2 et NO_2 et CO_2 qui se transforment en acide sulfurique, acide nitrique et acide carbonique



l'acidité des pluies entraîne la destruction de la faune et de la flore des écosystèmes

Chapitre 3 : Les matières radioactives et l'énergie nucléaire

Radioactivité : phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se transforment spontanément par désintégration en des noyaux atomiques plus stables en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements ou particules (α , β et γ).

Avantages de l'énergie nucléaire

Recherche scientifique

- Datation absolue
- Marquage radioactif

Production d'électricité

- Production d'énergie électrique dans les centrales nucléaires

Médecine

- Diagnostique : imagerie médicale ..
- Radiothérapie

Industrie

- Stérilisation et conservation des aliments

Dangers de la pollution nucléaire

Santé

Augmentation des risques de **cancer** et de **malformations embryonnaires** par des **mutations** génétiques dues aux rayonnements radioactifs.

Environnement

Pollution des milieux naturels et contamination de tous les niveaux trophiques
→ **diminution** de la biodiversité et **déséquilibres** des écosystèmes

Problématique et gestion des déchets nucléaires

- Longue durée d'activité des produits nucléaires (très faible activité TFA, FA, MA, HA) (Catégorie A : courte durée de vie, Catégorie B : Longue ddd)
- Stockage des déchets nucléaires.
- Rejets des particules radioactifs dans l'air et l'eau.

- Enfouissement des déchets dans des endroits stables géologiquement (200m)
- Emballage des déchets sous forme de Colis enfermés dans des conteneurs compacts en béton

Chapitre 4 : Critères de qualité et salubrité des milieux naturels

AIR

- Surveillance de la concentration de certains polluants : **SO₂**, **CO**, **CO₂**, ... dans un endroit donné en comparaison avec les normes de l'OMS.
- Bioindicateurs : Organisme végétal ou animal qui permet d'évaluer la qualité de l'environnement.
Exemple : Lichens

EAU

- **Paramètres physico-chimiques** : **DBO₅** (demande biologie de l'O₂ pendant 5 jours pour oxyder la MO), **DCO**, **O₂ dissous**, **pH**
- **Bioindicateurs** : contrôle de certains indicateurs biologiques (**IB** : indice biotique : critère basé sur le peuplement des invertébrés aquatiques)

SOL

Evaluation de la qualité sol repose sur l'**abondance**, la **diversité** et l'**activité** des êtres vivants.
IBQS (indice biologie de la qualité du sol)

Une grande partie des polluants organiques et inorganiques déversés dans l'environnement à travers des rejets urbains, industriels et agricoles parviennent aux différents milieux aquatiques (cours d'eau, lacs, mers et océans...) ce qui altère la qualité de l'eau et modifie profondément la flore et la faune. Les scientifiques utilisent diverses méthodes pour estimer la qualité des eaux.

1 Critères physicochimiques de la qualité des eaux

a Mesure de quelques paramètres dans l'eau



Afin d'évaluer les taux de quelques polluants, certains paramètres physicochimiques sont mesurés dans l'eau. Des mesures sont effectuées sur place (pH, température, conductivité, O₂ dissous, ...), alors que d'autres sont effectuées au laboratoire (chlorures, nitrates, sulfates, Phosphates, ...). Les prises d'eaux sont effectuées dans différents points du cours d'eau, en amont et en aval d'une source de pollution..

b Evaluation des niveaux de qualité des eaux d'un milieu selon des paramètres physicochimiques.

Niveau de qualité critères	Paramètres chimiques de la qualité d'eau				
	IA	IB	2	3	4
Matières en suspension		25	70	150	
DCO	20	25	40	80	
DBO5	3	5	10	25	
NH ₄	0.1	0.5	2	8	
NO ₃	0.1	0.3	1	2	
NO ₂			50	100	
SO ₄			250		
Cl	100	200	400	1000	
O ₂ dissous	7	5	3		

DBO5: La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par voie biologique pendant 5 jours en obscurité à 20°C. Elle est exprimée en mg/L.

DCO: Demande chimique en oxygène nécessaire à l'oxydation des matières chimiques. Elle est mesurée dans les mêmes conditions de mesure de la DBO5.

Paramètres	Paramètres physiques de la qualité d'eau				
	Limites des classes d'état de l'eau				
	T. bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Transparence (m)	≥ 5	3,5 - 5	3,5 - 2	2 - 0,8	< 0,8
MES (mg/l)	2	25	38	50	-
Turbidité (NTU)	1	35	70	100	-
Température (°C)	20 - 24	21,5 - 25,5	25 - 27	28 - 29	29 - 30
Conductivité (µS/cm)	180 - 2500	120 - 3000	60 - 3500	0 - 4000	-

MES (mg/L) : matières en suspension non hydrosolubles

Transparence : clarté de l'eau, elle est mesurée par la limite de profondeur d'un disque observable dans l'eau.

Conductivité électrique : Mesure la capacité d'une eau à conduire de l'électricité, elle est en rapport avec sa charge minérale, plus la charge est importante, plus la conductivité est élevée .

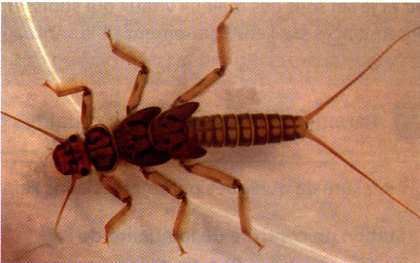
Turbidité (NTU) : Désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent.

2 Critères biologiques de la qualité des eaux

a Les organismes invertébrés indicateurs de la qualité des eaux courantes

La détermination de la qualité des eaux courantes, en termes de pollution, se fait généralement à l'aide d'indices biotiques, en utilisant des organismes invertébrés de la macrofaune, vivant sur le fond. Les prélèvements en divers points d'un cours d'eau pourront donner une idée du degré de pollution à travers les organismes prélevés.

- Les indicateurs d'eaux pures : organismes très sensibles à la pollution organique et aux bactéries. Exemples : Larves d'éphéméroptères et plécoptères.
- Les indicateurs d'eaux polluées : organismes qui ne se développent que dans une eau riche en matières organiques. Ce sont des indicateurs de la pollution organique. Exemples : Larves Chironomes, vers tubifex,... mais aussi de nombreuses bactéries et algues.



Larve de plécoptère



Larves de chironomes


b Estimation de la qualité des eaux par l'indice biotique

L'indice biotique (IB) est une valeur allant de 0 à 10 qui caractérise la qualité d'une eau courante. Sur un échantillon d'une cour d'eau, on détermine les organismes invertébrés sensibles à la pollution organique (organismes indicateurs), ainsi que le nombre total d'unités systématiques présentes dans l'échantillon. Le croisement de la ligne du groupe indicateur, avec la colonne du nombre d'unités, indique une valeur de l'indice biotique (IB).

Exemple la présence des larves d'Odonates dans un échantillon renfermant 12 unités systématiques correspond à un IB = 6.

- Limite de pollution
- eaux non polluées
- eaux polluées

	Unités systématiques	Nombre total des unité systématiques				
		0à1	2à5	6à10	11à15	≥16
		l'indice biotique				
Sensibilité décroissantes de la pollution ↓	❶ Plécoptères	-	7	8	9	10
	❷ éphéméroptères	5	6	7	8	9
	❸ Trichoptères	-	6	7	8	9
	❹ ephéméroptères et mollusques bivalves	5	5	6	7	8
	❺ Hémiptères, gammaridés, odonates, physes	-	5	6	7	8
	❻ aselles, Sphéridés, Hémiptères, Sangsues	3	4	5	6	7
	❼ Vers, Tubifex, Laves chironomes (Diptères)	3	4	5	6	7
	❽ Eristales (larves Diptères)	2	3	4	5	-
		1	2	3	-	-
		0	1	1	-	-



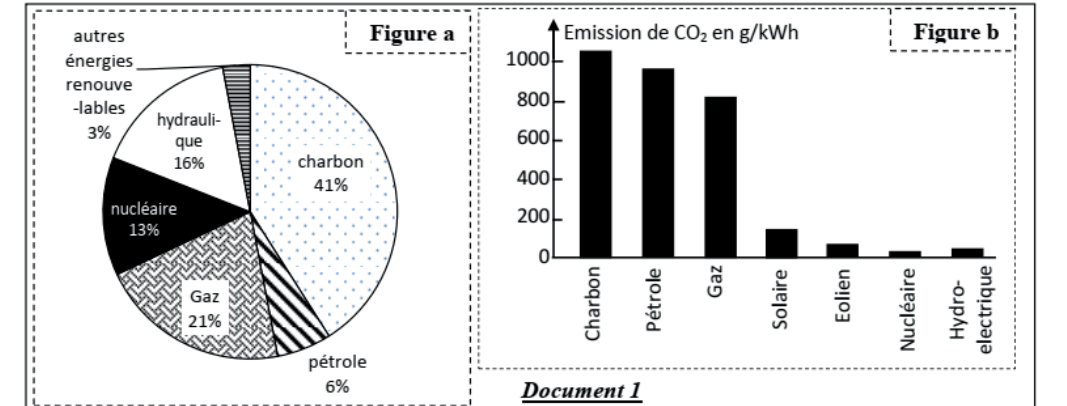
Domaines d'habilités :Raisonnement scientifique et communication graphique et écrite

Exercice: 1

A la 22^{ème} Conférence des parties (COP22) à la convention-cadre des Nations Unis sur les changements climatiques, tenue du 7 au 18 novembre 2016 à Marrakech, les pays participants se sont mis d'accord pour concrétiser les différents axes retenus dans l'accord de Paris (COP21) afin d'éviter des catastrophes écologiques éminentes à l'horizon 2050 qui résulteraient de l'aggravation de l'effet de serre. L'accord a fixé comme objectif la réduction du réchauffement de la planète de 2°C.

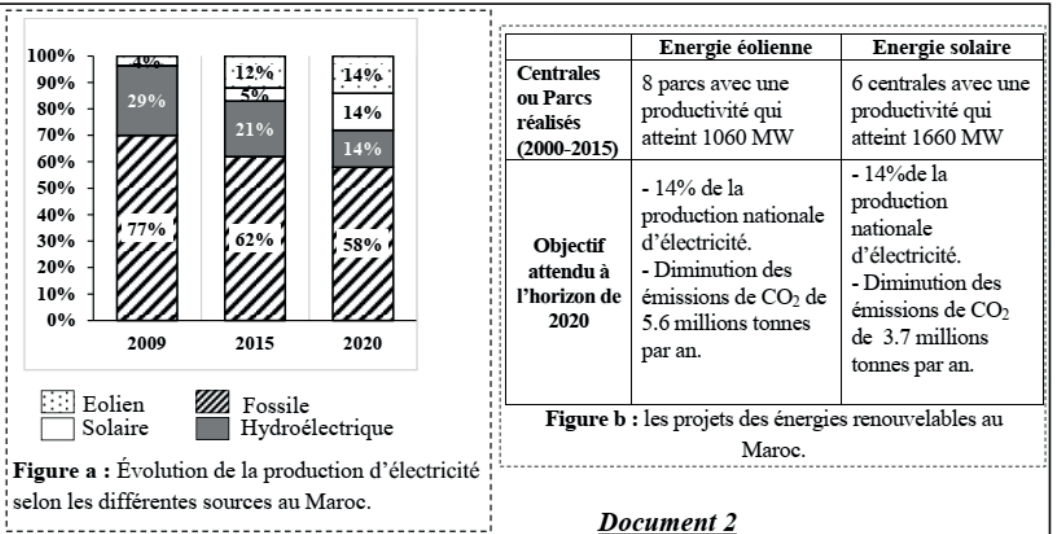
Pour mettre l'accent sur les engagements du Maroc et sur sa vision stratégique dans le domaine de l'énergie, par rapport à l'expérience d'autres pays, nous proposons l'étude des données suivantes :

- Le dioxyde de carbone CO₂ est un gaz à effet de serre, son émission dans l'atmosphère a connu une augmentation progressive le long du dernier siècle. Le document 1 montre la production mondiale d'électricité selon les différentes ressources utilisées en 2006 (figure a) et l'émission de CO₂ dans l'atmosphère selon ces ressources (figure b).

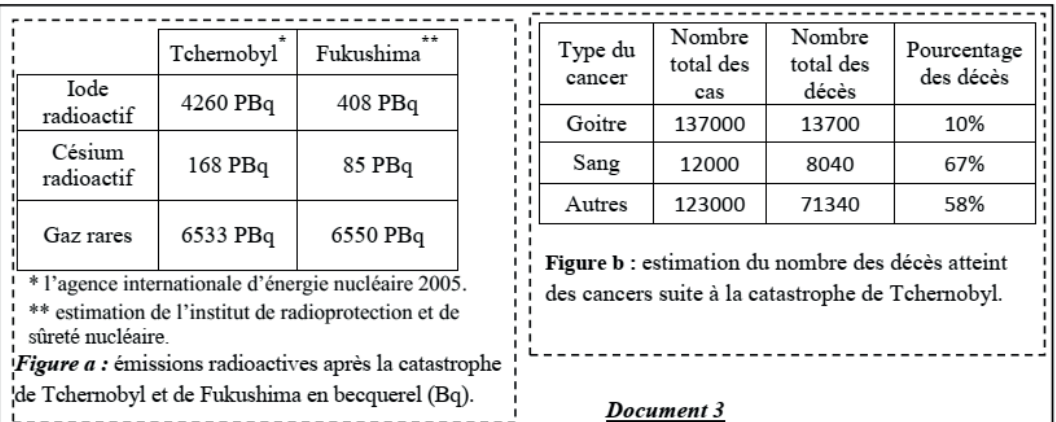


1. En exploitant les figures du document 1 :
- a. Montrez la relation entre l'effet de serre et la production d'électricité. (1.5pts)
 - b. Proposez deux procédures adéquates pour limiter l'aggravation de l'effet de serre. (0.5 pt)

Lors du COP21 à Paris, le Maroc s'est engagé à réduire ses émissions de CO₂ de 32% à l'horizon de 2030, pour cela, et dans une approche écologique, le Maroc a adopté une stratégie énergétique basée sur le développement des énergies renouvelables. Les figures du document 2 présentent des données relatives aux projets énergétiques réalisés.



2. En se basant sur les données du document 2, montrez l'efficacité des procédures concernant l'engagement du Maroc envers COP21. (1pt)
- A l'inverse du Maroc, d'autre pays ont continué à utiliser l'énergie nucléaire pour la production de l'électricité. Certaines centrales nucléaires ont connu des incidents causant des fuites radioactives dans l'environnement. Le document 3 présente des données en relation avec certains de ces incidents.



3. En exploitant les données du document 3, déterminez les effets de l'utilisation de l'énergie nucléaire dans la production de l'électricité. (1pt)
4. A partir des données précédentes, donnez votre opinion à propos des choix énergétiques du Maroc par rapport au modèle d'énergie nucléaire adopté par d'autres pays. (1pt)