

Thème 1 : Science, Climat et Société

Séquence 1 : L'atmosphère terrestre

1. Genèse de L'atmosphère.

1.1. Les Origines.

- 4568 Ma, une nébuleuse de poussières et de gaz, s'effondre sous l'effet de sa masse. Des objets massiques se forment alors. Ce sont les plus vieux objets cosmiques connus (ils ont été datés dans des météorites de type chondrite).
- 4564 Ma, les objets entrent en collision et augmentent ainsi leurs dimensions en libérant de l'énergie. C'est l'accrétion. Les impacts libèrent donc de l'énergie, ce qui conduit à une augmentation de la température des objets.
- 4550 Ma, La Terre a atteint 60 % de sa taille actuelle.
- 4530 Ma, dans le centre de la nébuleuse en rotation des réactions thermonucléaires commencent. Le centre de la nébuleuse deviendra plus tard, le Soleil.

1.2. Premières atmosphères.

La composition de l'atmosphère primaire devait être très proche de celle du Soleil. Dans cette atmosphère solaire, le rapport entre l'azote et le néon est proche de 1 alors qu'il est de 86 000 dans notre atmosphère terrestre actuelle. Il y a donc un déficit en néon dans l'atmosphère terrestre. Si ce gaz avait été perdu par une faiblesse de la gravité de la Terre, alors d'autres gaz, plus légers, auraient aussi disparu. Mais ce n'est pas le cas. L'atmosphère de la Terre s'est donc formée de façon secondaire.

La matière première ne peut provenir que des éléments qui composaient et qui composent toujours la Terre et tous les corps du système solaires en particulier les météorites. Une catégorie, les chondrites, a une composition identique à celle de la Terre prise dans sa totalité. Ce sont aussi les météorites les plus anciennes. On peut donc considérer qu'elles sont les survivantes des objets qui, lors de l'accrétion, ont donné naissance à notre planète. Lorsque l'on chauffe une chondrite les gaz qui s'en échappent sont essentiellement de l'eau, du dioxyde de carbone et du diazote. Cela correspond à la composition des gaz volcaniques actuels.

1.3. Les collisions.

Lors de l'accrétion, sous la chaleur dégagée par le bombardement de chondrites, la surface de la Terre est entrée en fusion. Les gaz qui s'en échappent forment alors une enveloppe de vapeur. Ensuite la Lune est intervenue... Car ces deux objets célestes sont de composition identique car formées dans la même région de la nébuleuse. Toutefois la Lune possède un noyau métallique très petit.

- 4530 Ma, une planète, grosse comme Mars entre en collision avec la Terre. Une fusion partielle des deux noyaux en découle et des matériaux sont éjectés lors de la collision. Ces derniers sont à l'origine de la Lune.

En 24 heures, une nouvelle Terre se forme avec une température de 5000° ($10\,000^{\circ}$ en surface). Des roches vaporisées, l'englobe, formant l'atmosphère.

Le dégazage dure 12 Ma, au-dessus d'une mer de lave avec une température de 1700° . L'atmosphère est riche en vapeur d'eau et en dioxyde de carbone, sa pression est énorme. Entre la chaleur dégagée par la surface terrestre et l'effet de serre, la température reste à plus de 1500° . Le rayonnement ultraviolet décompose la vapeur d'eau en hydrogène et en oxygène. Trop léger, l'hydrogène s'échappe de la gravité terrestre.

1.4. Les océans.

La température du sol en diminuant permet à celle de l'atmosphère de baisser aussi. Toutefois la pression reste très élevée et il tombe des gouttes de 300° . L'atmosphère se vide ainsi de sa vapeur d'eau, la pression baisse alors. L'effet de serre s'affaiblit et la température diminue. Pendant des milliers d'années, il pleut sur une planète-océan d'eau bouillante entourée d'une atmosphère de dioxyde de carbone.

1.5. La fin du royaume d'Hadès.

Actuellement l'essentiel du carbone est stocké dans les roches calcaires sous forme de carbonate de calcium. Il y a 4 500 Ma l'eau liquide apparue sur Terre, a décomposé les roches superficielles riches en calcium et libéré des molécules de CaO et formé de la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La solution obtenue s'appelle de l'eau de chaux, réactif caractéristique du dioxyde de carbone.

Ce réservoir d'eau de chaux est la mer précambrienne qui va faire précipiter le dioxyde de carbone de l'atmosphère, réaction chimique dont le produit est le carbonate de calcium. Ces dépôts ont depuis longtemps été injectés dans le manteau de la couche terrestre par subduction. La quantité de CO_2 a donc diminué progressivement et de plus en plus efficacement avec l'apparition de la première croûte continentale. Il a fallu entre 10 et 100 Ma pour que la majeure partie du dioxyde de carbone disparaissent de l'atmosphère. Sa concentration s'est à un moment donné stabilisée et l'effet de serre ayant fortement diminué, il y a 4 000 Ma la température des océans était de 70° .

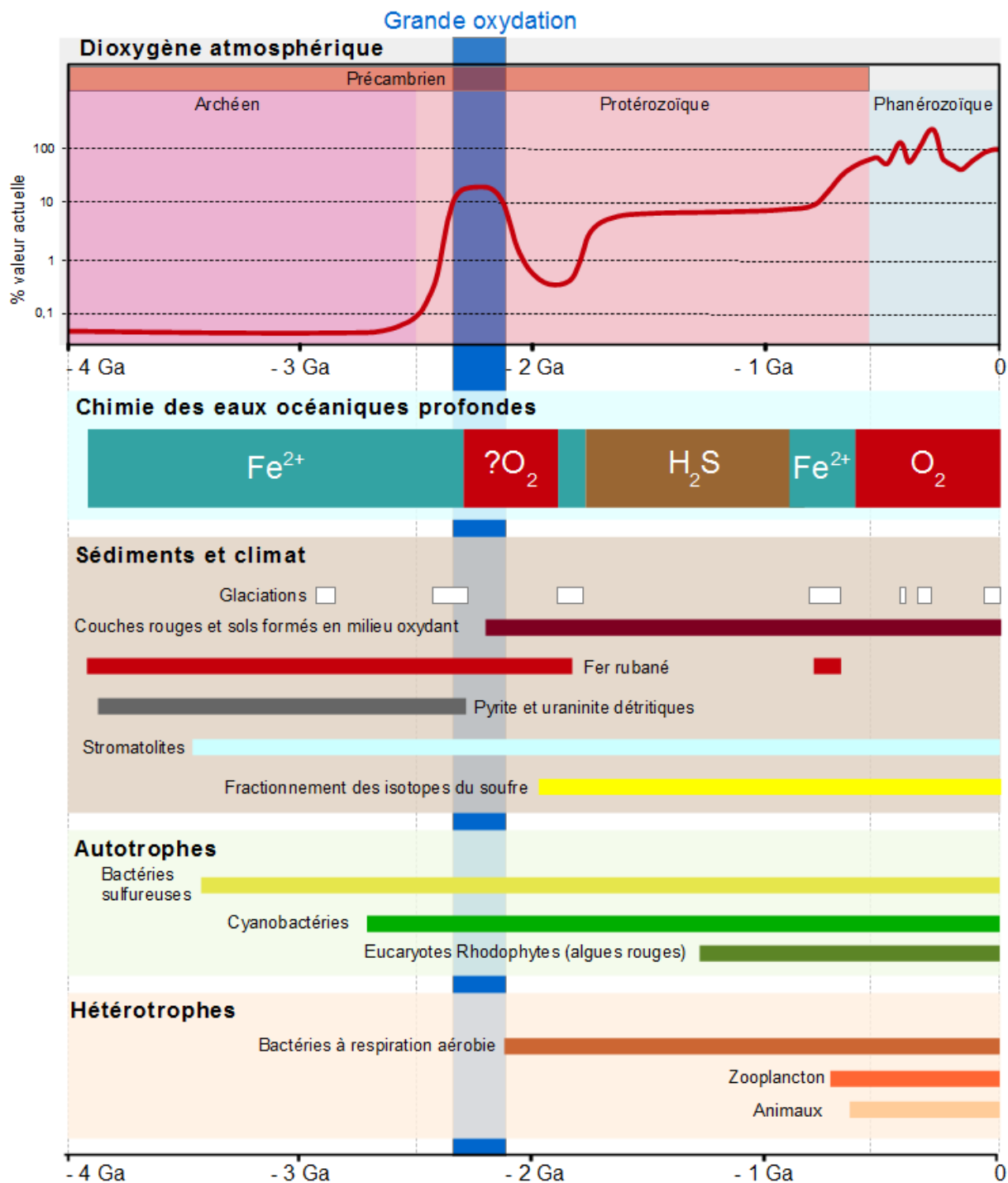
C'est la fin de l'Hadéen. Dans son atmosphère d'alors, il ne manque au diazote et au dioxyde de carbone, qu'un seul autre gaz : le dioxygène.

2. Évolution de la géosphère et de la biosphère.

L'apparition des cyanobactéries, capables de réaliser la photosynthèse a bouleversé la géosphère. Dans les océans, le dioxygène ainsi créé a permis l'oxydation du fer, stoppant sa circulation. Sur les continents, le dioxygène a érodé les minéraux à base de soufre réduit, provoquant la libération d'ions sulfates, qui ont été transportés dans les océans. Les bactéries sulfatoréductrices vont les transformer en sulfure d'hydrogène (H_2S). Les eaux profondes des océans resteront saturées en sulfure d'hydrogène jusqu'à la fin du Précambrien.

En surface les eaux sont riches en dioxygène et les bactéries à respiration aérobie apparaissent et se développent. À la fin du Précambrien, les eucaryotes autotrophes prennent le dessus sur les cyanobactéries, conduisant une seconde phase de croissance de la concentration en dioxygène dans les océans comme dans l'atmosphère.

La concentration en dioxygène va alors influencer sur le développement des espèces, car elle détermine la profondeur à laquelle le gaz pénètre avec efficacité dans un organisme. L'apparition des appareils respiratoires et circulatoires, va permettre aux organismes d'avoir des tailles plus importantes.



3. L'ozone.

L'ozone est un composé chimique constitué de trois atomes d'oxygène. Sa formule chimique est O_3 . Le mot « ozone » vient du grec « ozein » qui signifie sentir, en effet l'ozone est un gaz avec une odeur caractéristique. On peut le sentir près les vieux photocopieurs ou juste après un orage ayant eu une activité électrique importante.

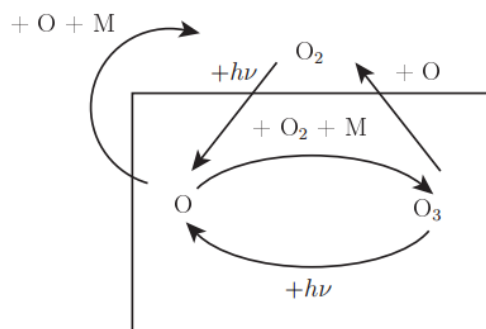
3.1. Synthèse de l'ozone :

La formation et la destruction de l'ozone atmosphérique est un processus en plusieurs étapes :

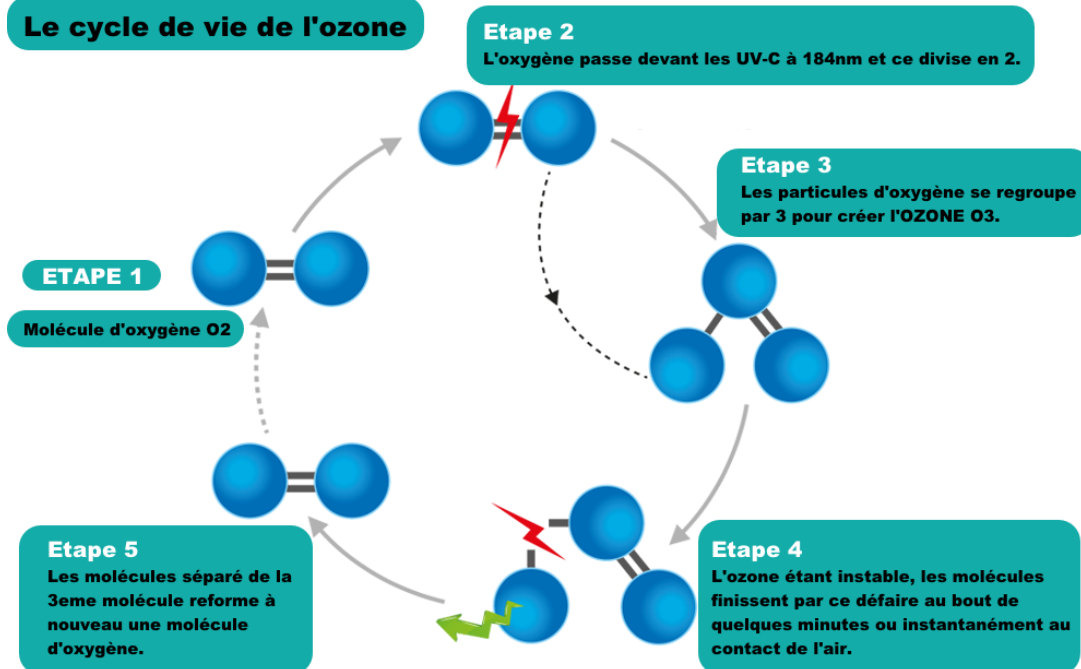
Le dioxygène est dissocié sous l'action du rayonnement UV. Les atomes d'oxygène ainsi formés vont s'associer le plus souvent avec une molécule de dioxygène pour former de l'ozone, une molécule tierce (notée M) permet la stabilisation de la molécule d'ozone (désexcitation par collision).

L'ozone peut être détruit soit par dissociation sous l'influence du rayonnement UV soit par association avec un autre atome d'oxygène pour former deux molécules de dioxygène.

Le cycle de l'ozone est appelé cycle de Chapman.



Le cycle de vie de l'ozone

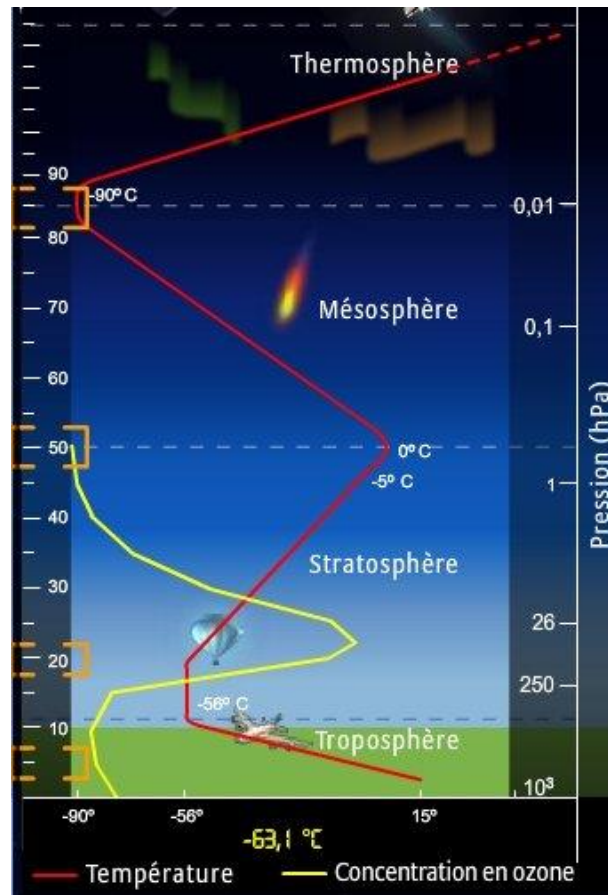


(Source : Ozwater.fr)

3.2. Distribution de l'ozone atmosphérique.

L'ozone présent dans la stratosphère (altitudes comprises entre 15 et 45 km) protège la surface terrestre contre les rayons UV nocifs provenant du rayonnement solaire.

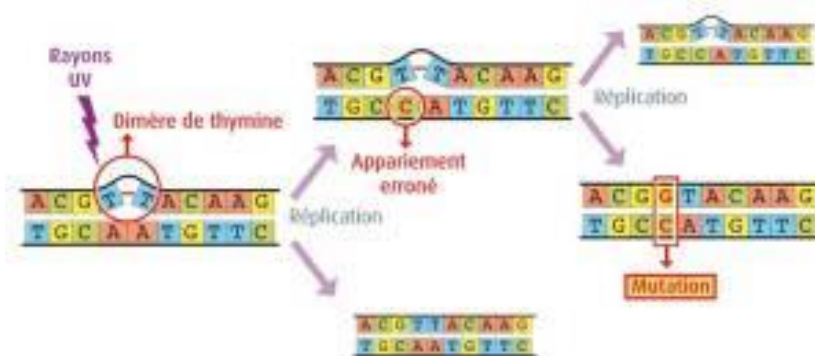
L'ozone présent dans les basses couches de l'atmosphère (celles qui nous concernent directement) se forme sous l'action du rayonnement solaire UV lors des chaudes journées et en présence d'importantes concentrations d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils.



(Source : Météo France Education)

3.3. Rayonnement UV, ozone et ADN.

La couche d'ozone permet de limiter la pénétration des rayonnements UV dans l'atmosphère terrestre. Ces derniers sont nocifs pour l'ADN et peuvent provoquer des cancers (voir la figure ci-dessous). La couche d'ozone est donc une couche protectrice pour les êtres vivants.



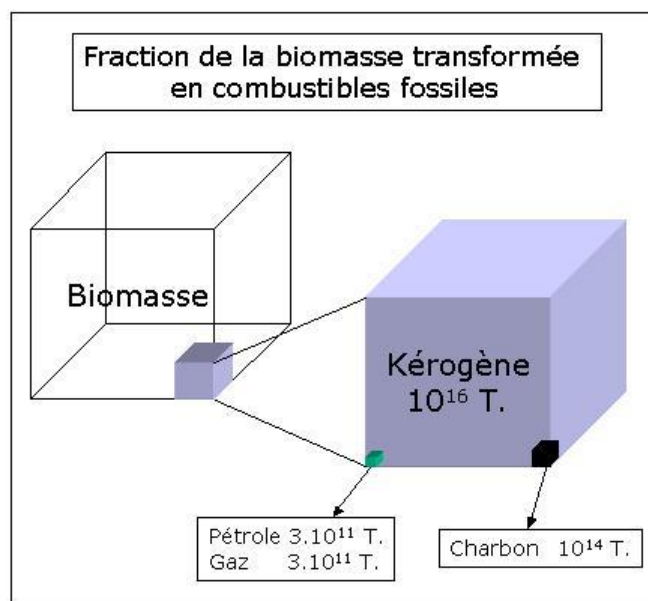
(Source : WordPress)

4. Les combustibles fossiles.

Les combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) sont à la fois la matière première de l'industrie chimique et aussi la source énergétique actuellement la plus utilisée (80% de l'énergie annuelle utilisée est issue des combustibles fossiles). Les besoins mondiaux sont toujours croissants, bien que ces ressources, formées par une succession de mécanismes biologiques, géologiques et chimiques, ne soient pas inépuisables.

4.1. Formation du pétrole, du gaz naturel et du charbon.

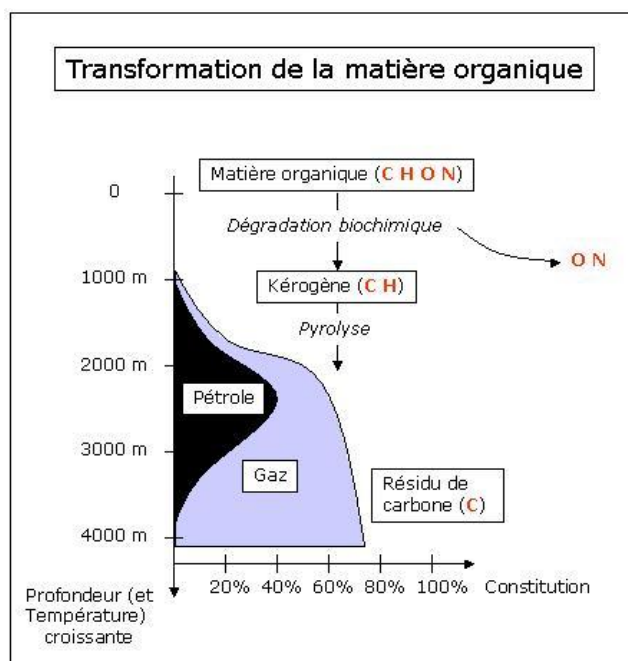
Décomposition de la biomasse : Les êtres vivants sont constitués principalement de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Lorsqu'un être vivant meurt, sa matière organique se décompose sous l'action des microorganismes. Cette décomposition peut être aérobie ou anaérobie selon les conditions (et donc les microorganismes impliqués). La minéralisation du carbone est liée au taux de dioxygène présent lors de la décomposition. Lors de la minéralisation le carbone est transformé en dioxyde de carbone, sinon il y a sédimentation. Environ 1% de la matière organique sédimente. C'est ce faible pourcentage qui est à l'origine des combustibles fossiles.



(Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr>)

Formation et pyrolyse du kérogène : En absence de dioxygène, ce sont les bactéries anaérobies qui se développent. Elles utilisent pour leur croissance tout l'azote et l'oxygène contenu dans la matière organique. Le résidu de cette dégradation est appelé le « kérogène ». Il est formé principalement de carbone et d'hydrogène.

Après cette action biologique, c'est un processus géologique qui entre en œuvre : sous l'influence des mouvements tectoniques, la roche mère contenant le kérogène va s'enfoncer, soumettant le kérogène à des pressions et des températures élevées. Lorsque la température est suffisamment élevée et en absence de dioxygène, le kérogène se décompose. Les produits de la pyrolyse sont le pétrole, le gaz naturel et le charbon.

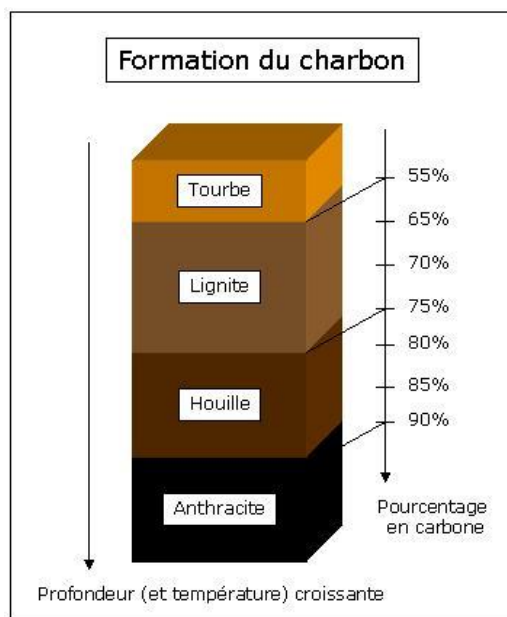


(Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr>)

Migration et accumulation en gisement des combustibles fossiles : Par un effet de migration, les combustibles naturels remontent vers la surface de la roche. Si lors de cette migration, ils rencontrent des roches poreuses, ils s'accumulent dans les pores de la roche où ils forment un gisement en profondeur. Dans le cas contraire ils remontent à la surface.

4.2. Nature des différents combustibles fossiles.

Le Charbon : Le charbon est une variété de kérogène formée à partir de matière organique de végétaux supérieurs (arbres, fougères, ...). Il est riche en carbone, environ 50% pour la tourbe à 95% pour l'anthracite (qui est formellement le charbon).

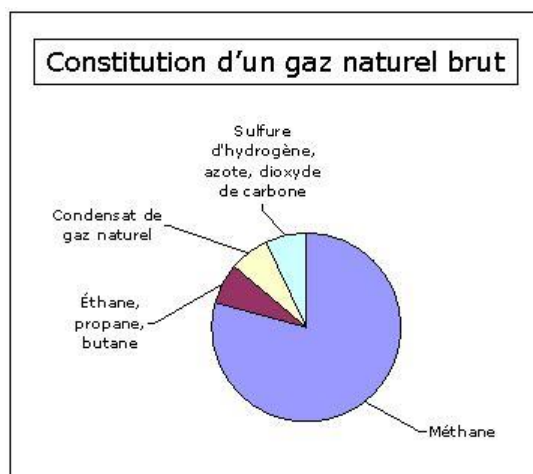


(Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr>)

Le pétrole : La composition du pétrole dépend de son gisement et donc de son passé biologique et des conditions biologiques et géologiques de formation du pétrole. On classe les pétroles en trois catégories selon leur constituant principal : paraffinique, naphténique, et aromatiques.

Le pétrole brut (avant raffinage) contient d'autres éléments chimiques que le carbone et l'hydrogène, comme le soufre, l'azote ou des métaux, en faible quantité.

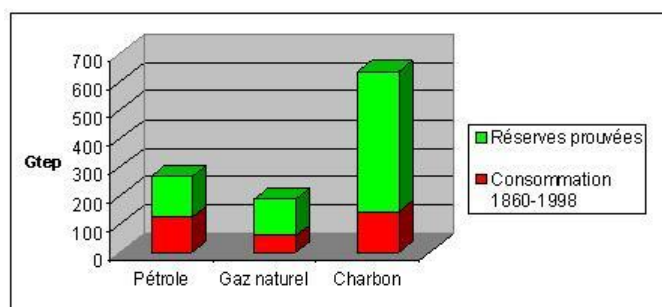
Le gaz naturel : Sous l'influence de la pression et de la température, les hydrocarbures peuvent subir des réactions chimiques (dite de craquage) qui les transforment en alcanes plus légers. De fait la composition en alcane varie d'un gisement à l'autre.



(Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr>)

4.3. Réserves mondiales.

L'évaluation des réserves mondiales en combustibles fossiles est une question délicate : elle évolue en fonction des techniques de détection des gisements et de la connaissance géologique, mais c'est aussi un enjeu économique et stratégique. On considère ainsi les réserves prouvées (actuellement utilisables), les réserves probables (utilisables dans un futur proche) et les réserves possibles (utilisables par des techniques encore inconnues). La somme de ces réserves constitue la réserve ultime.



(Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr>)

Selon les prévisions, on attend une décroissance de la production mondiale de combustibles fossiles entre 2010 et 2050 et un épuisement des réserves ultimes au cours du prochain siècle.

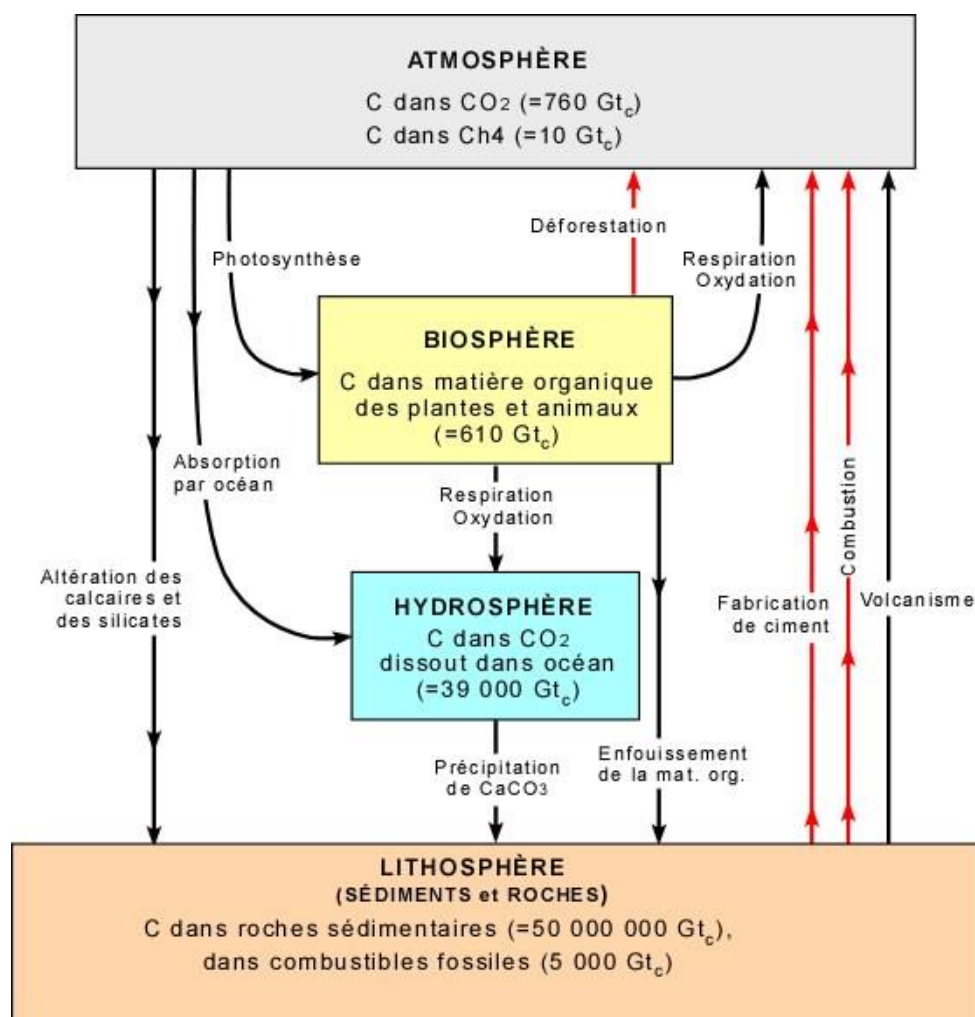
5. Le cycle du carbone.

L'hydrogène, l'hélium, l'oxygène et le carbone sont les éléments les plus abondants dans l'Univers. Toutefois sur Terre le carbone arrive en 14^{ème} position seulement.

La Terre est une planète vivante et en conséquence à la surface de cette dernière il existe un recyclage des différents éléments. L'élément le plus critique de ce recyclage est le carbone. Il y a un cycle biologique du carbone (production de composés organiques – la chimie organique est la chimie du carbone) et un cycle climatique du carbone (en effet les deux principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone et le méthane).

Le carbone organique est produit par les organismes vivants et est lié soit à d'autres atomes de carbones soit à d'autres éléments chimiques comme l'hydrogène, l'azote ou le phosphore. Le carbone inorganique n'est pas associé aux molécules du vivant (pas de liaison carbone-carbone ou carbone-hydrogène), c'est le carbone contenu dans le dioxyde de carbone ou dans le carbonate de calcium.

Il existe un grand cycle de carbone associant l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. Ces quatre sphères sont les réservoirs du carbone terrestre. On représente sur la figure ci-dessous les quantités de carbone contenues dans chacune d'elles en Gt_c (gigatonne équivalent carbone), c'est-à-dire en milliards de tonnes de carbone.



Valeurs en Gt_c (gigatonnes de carbone),
selon Berner et Berner (1996);
Kump, Kastig et Crane (1999) Prentice Hall

6. Exercices d'application.

6.1. Exercice 1.1

En considérant la présence ou l'absence de la couche d'ozone, décrivez, sous forme d'un schéma, la vie sur Terre.

6.2. Exercice 1.2

Lorsque l'oxygène est apparu sur Terre, il a dans un premier temps, conduit à une extinction des espèces vivantes. Expliquez cette situation en quelques mots.

6.3. Exercice 1.3

Le rayonnement UV intervient à la fois dans la formation de l'ozone et dans sa dégradation. Un même élément est à la fois générateur et destructeur d'ozone. Expliquez ce fait contradictoire.

6.4. Exercice 1.4

Expliquez la formation des gisements de pétrole. (On pourra s'aider de schémas).

6.5. Exercice 1.5

Après lecture du document suivant, répondez aux questions.

« Actuellement, l'énergie que nous consommons, pour nous chauffer, nous déplacer et produire l'électricité, provient principalement des combustibles fossiles et du nucléaire.

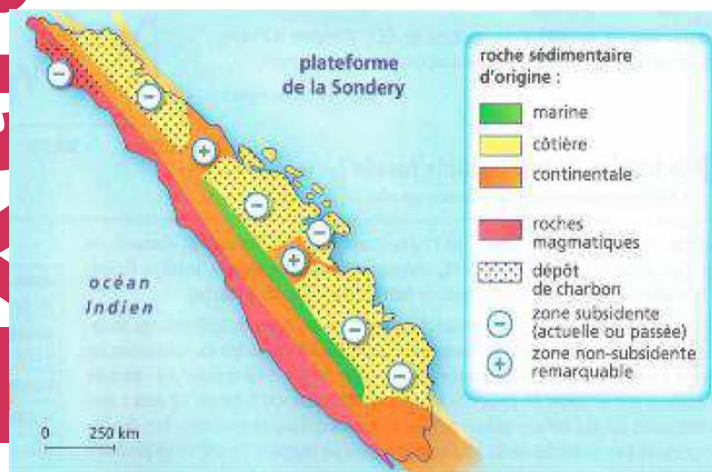
Or, outre le fait que ces combustibles fossiles s'épuisent et que les déchets nucléaires posent un problème, une grande partie des gaz à effets de serre émis sont constitués de gaz carbonique.

Pour répondre à ces problèmes, les énergies renouvelables présentent une grande opportunité. Ainsi, les éoliennes transforment l'énergie du vent et les centrales hydrauliques l'énergie du système (eau, Terre); les capteurs thermiques et les cellules photovoltaïques transforment l'énergie solaire..., la géothermie la chaleur de la Terre, certaines turbines utilisent l'énergie des vagues ou des marées. »

1. Donnez un inconvénient des combustibles fossiles, en vous basant sur le document.
2. Nommez deux combustibles fossiles.
3. La combustion des combustibles fossiles donne des gaz polluants. Citez un de ces gaz.
4. Classez les sources d'énergies listées dans le document, en polluantes et non polluantes.

6.6. Exercice 1.6

La production de charbon sur l'île de Sumatra est très importante, avec de très nombreux gisements. Il n'est pas nécessaire de creuser profondément pour exploiter le charbon : les compagnies minières abattent la forêt, qui se développent sur un sol contenant du charbon à moins d'un mètre de profondeur. Elles profitent donc à la fois de la vente des arbres et du charbon. Les gisements sont situés à des endroits bien précis comme le montre cette carte.



← Carte de Sumatra avec positionnement des gisements de charbon

(Source : SVT Hachette Seconde 2011)

Expliquez la formation des gisements de charbon et leur inégale répartition sur l'île de Sumatra.

Je vérifie mes connaissances sur la séquence 1

1. Quels sont les gaz contenus dans les chondrites ?
2. Quelle était la température de la première mer de lave terrestre (vers – 4500 Ma) ?
3. Donnez la date d'apparition de l'eau liquide sur Terre.
4. Comment appelle-t-on les bactéries capables de produire du sulfure d'hydrogène ?
5. Quels sont les réactifs nécessaires à la formation de l'ozone ?
6. Dans quelles conditions l'ozone se dégrade-t-elle ? Quel est son produit de dégradation ?
7. Donnez les noms de la matière première la plus utilisée tant comme source d'énergie que dans l'industrie.
8. Nommez les différentes réserves en combustibles fossiles.
9. Nommez les sphères intervenant dans le cycle du carbone.
10. Qui produit le carbone organique ?

DEVOIR A RENDRE N°1

L'ENSEMBLE DU DEVOIR DOIT ÊTRE TRAITÉ SANS AIDE EXTÉRIEURE (COURS OU ACCÈS À INTERNET)

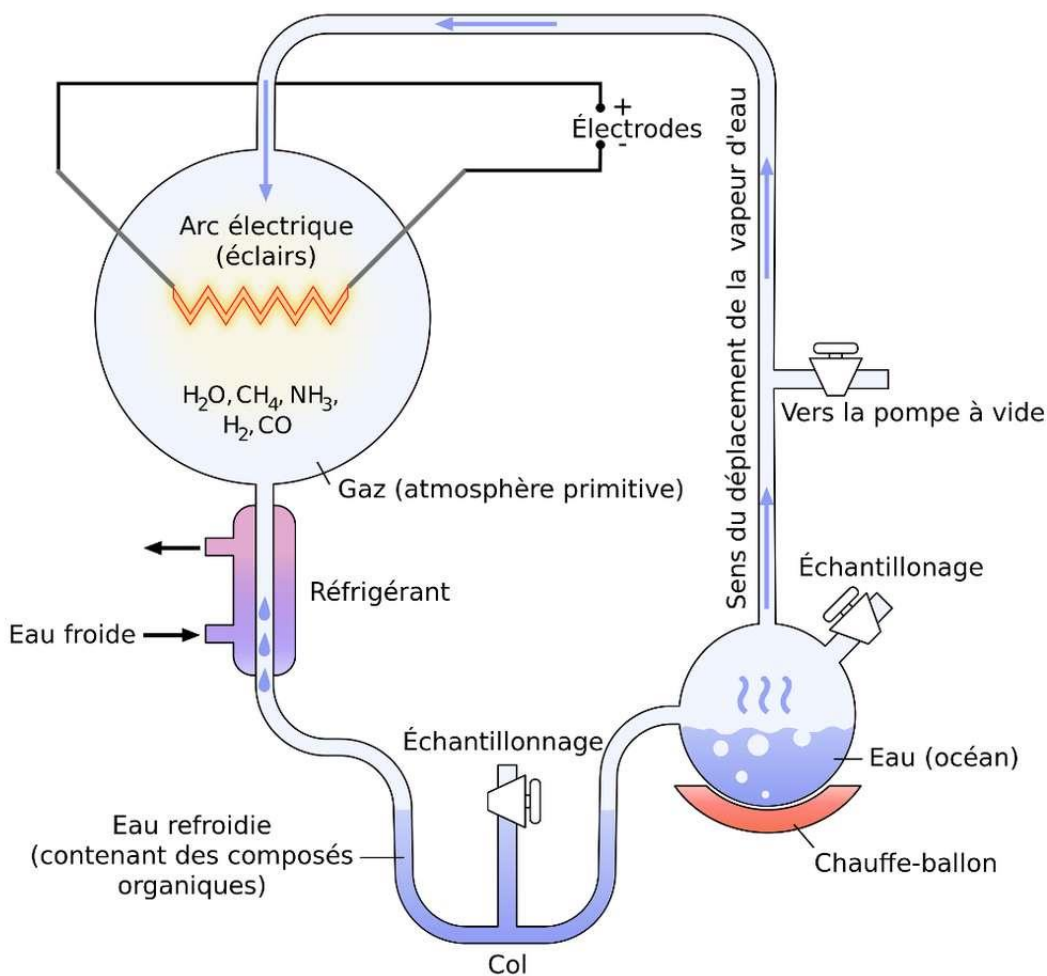
Exercice 1 : Cours**/4**

Faire un schéma du cycle de vie de l'ozone atmosphérique.

Exercice 2 : L'expérience de Miller**/8**

En 1952, un jeune étudiant en thèse Stanley Miller réalisa une expérience de chimie pour expliquer les mécanismes d'apparition de la vie sur Terre. Cette expérience est représentée par le schéma ci-dessous.

Expliquez les choix expérimentaux (composés utilisés, sources d'énergie, ...) faits par Miller ainsi que le raisonnement qui l'a conduit à ces choix.



(Source : futura-science.com)

Exercice 3 : Un ancien gisement de pétrole**/8**

Près de Boulogne-sur-Mer, les roches sédimentaires argileuses sont âgées de 140 millions d'années. Elles sont de couleur sombre, indiquant leur forte teneur en matière organique. Elles ont le même âge et la même nature que les roches mères du pétrole de la mer du Nord.

Elles sont surmontées par des grès, roches sédimentaires formées de grain de quartz liés par un ciment. Au-dessus des grès se trouvent des roches sédimentaires imperméables, les marnes.

Les mouvements tectoniques ont porté cet ensemble vers la surface et l'érosion a fait son œuvre. Il ne contient plus de pétrole actuellement.



Vue de l'ensemble géologique avec une coupe sur lame mince du grès visualisée à l'aide d'un microscope optique par imprégnation d'une résine (en gris clair) remplissant les pores de la roche.

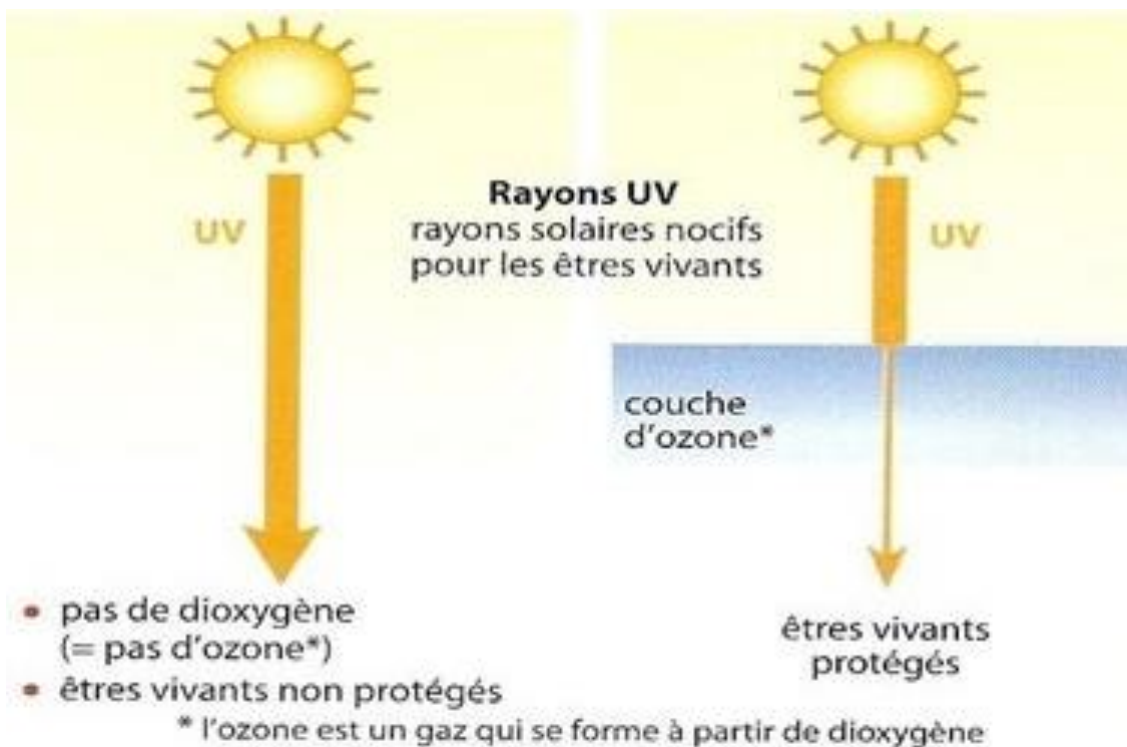
Par un exposé structuré, qui pourra être appuyé de schémas, montrez que cet ensemble géologique possédait l'ensemble des caractéristiques nécessaires à la formation d'un gisement de pétrole. Expliquez aussi pourquoi, on n'y trouve plus de pétrole actuellement.

Correction des exercices d'application

1. Séquence 1

Exercice 1.1

En considérant la présence ou l'absence de la couche d'ozone, décrivez, sous forme d'un schéma, la vie sur Terre.



Exercice 1.2

Lorsque l'oxygène est apparu sur Terre, il a dans un premier temps, conduit à une extinction des espèces vivantes. Expliquez cette situation en quelques mots.

Les espèces qui vivaient sur Terre avant l'apparition de l'oxygène n'étaient pas adaptées à sa présence. Il n'agissait de bactéries anaérobies, ayant donc par définition des métabolismes ne nécessitant pas d'oxygène. Il y a eu une diminution de la présence de ces espèces avant que l'évolution ne donne naissance à des espèces ayant un métabolisme aérobie. Il est à noter que toutes les bactéries anaérobies n'ont pas disparues et que certaines espèces d'entre elles existent encore aujourd'hui.

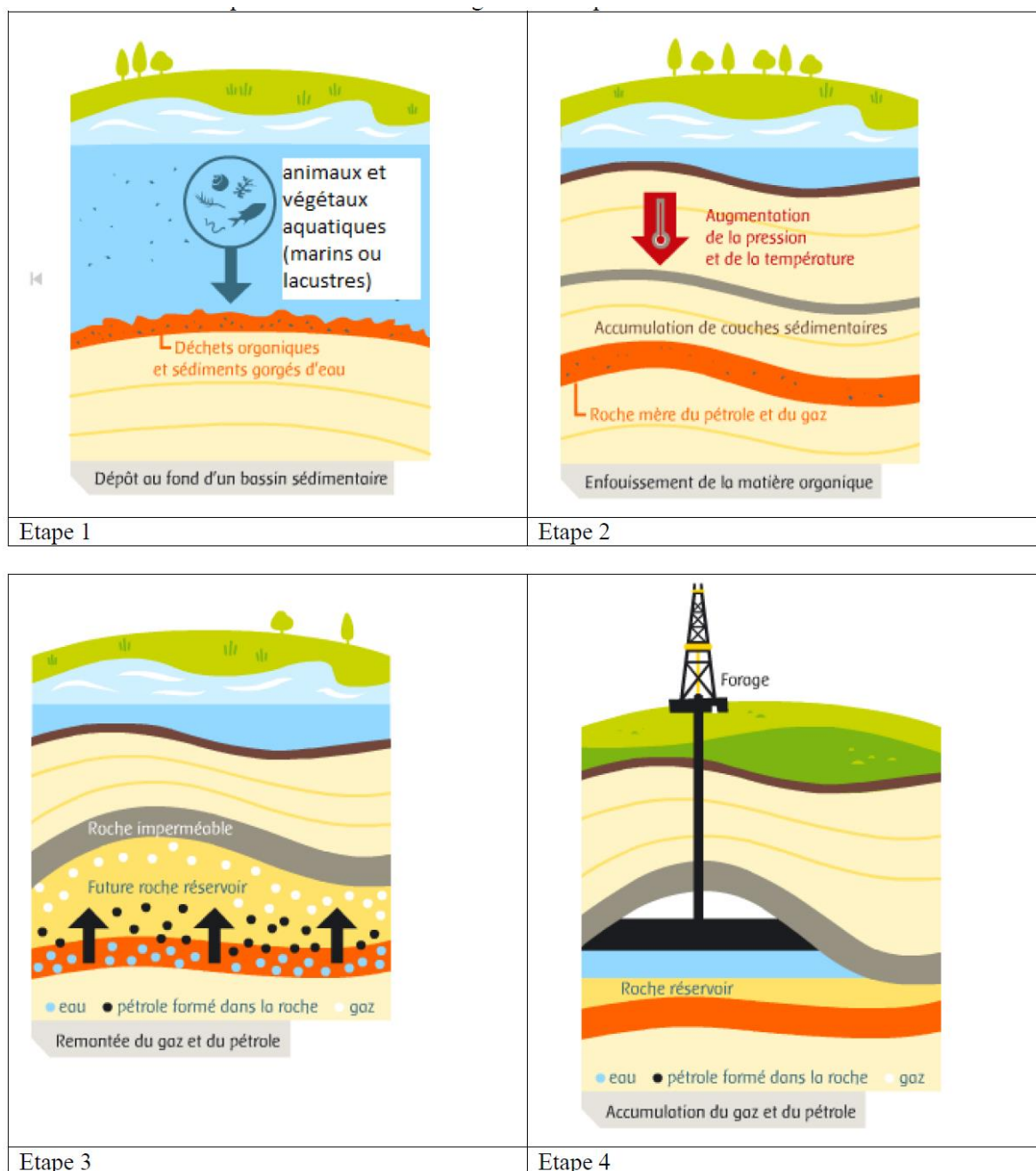
Exercice 1.3

Le rayonnement UV intervient à la fois dans la formation de l'ozone et dans sa dégradation. Un même élément est à la fois générateur et destructeur d'ozone. Expliquez ce fait contradictoire.

Le rayonnement est une bande de radiations électromagnétiques. Elles sont caractérisées par leur longueur d'onde. Comme il s'agit d'un ensemble de radiations électromagnétiques, chacune d'entre elle est caractérisées par une longueur d'onde précise. On en déduit que les UV qui permet la formation des molécules d'ozone ne sont pas les mêmes que ceux qui conduisent à leur destruction. En effet les UV permettant la genèse de l'ozone, sont des UV dits courts, dont les longueurs d'onde sont comprises entre 175 et 240 nm (ils permettent en fait la dissociation des molécules de dioxygène) et les UV longs (de longueur d'onde proche de 310 nm) sont à l'origine de la destruction de l'ozone.

Exercice 1.4

Expliquez la formation des gisements de pétrole. (On pourra s'aider de schémas).

**Exercice 1.5**

- Donnez un inconvénient des combustibles fossiles, en vous basant sur le document.
Les combustibles fossiles sont épuisables ou L'effet de serre.
- Nommez deux combustibles fossiles.
Le charbon, le pétrole, le gaz naturel.
- La combustion des combustibles fossiles donne des gaz polluants. Citez un de ces gaz.
L'oxyde soufre, le sulfure d'hydrogène ou l'oxyde de soufre.
- Classez les sources d'énergies listées dans le document, en polluantes et non polluantes.
Les combustibles fossiles et le nucléaire sont des énergies polluantes alors que l'éolien, les centrales hydrauliques, le Soleil, la géothermie et les vagues et marées sont non polluantes.

Exercice 1.6

Expliquez la formation des gisements de charbon et leur inégale répartition sur l'île de Sumatra.
Pour qu'il y ait formation de charbon, la matière première doit s'accumuler de façon importante et aussi s'enfouir lentement et progressivement au sein d'un bassin sédimentaire.

Du texte, il ressort qu'il y a une productivité primaire importante, donc une grande quantité de débris végétaux, et par voie de conséquence une accumulation de matière organique.

De la carte, on constate que la présence de gisement de charbon sont associés à des zones de subsidence, c'est-à-dire à un enfoncement du bassin sédimentaire, ce qui favorise l'enfouissement de la matière organique produite.

Les conditions sont donc favorables à la formation de gisements de charbon sur l'île de Sumatra.

Je vérifie mes connaissances - Corrections

1. Séquence 1

1. Quels sont les gaz contenus dans les chondrites ?

L'eau (vapeur), le dioxyde de carbone et le diazote.

2. Quelle était la température de la première mer de lave terrestre (vers – 4500 Ma) ?

Environ 1700°C.

3. Donnez la date d'apparition de l'eau liquide sur Terre.

Vers 4500 Ma.

4. Comment appelle-t-on les bactéries capables de produire du sulfure d'hydrogène ?

Ce sont les bactéries sulfatoréductrices.

5. Quels sont les réactifs nécessaires à la formation de l'ozone ?

À partir de dioxygène et d'atome d'oxygène sous l'influence de rayonnement UV et d'une molécule tierce M.

6. Dans quelles conditions l'ozone se dégrade-t-elle ? Quel est son produit de dégradation ?

Sous l'influence des UV l'ozone produit des atomes d'oxygène.

7. Donnez les noms de la matière première la plus utilisée tant comme source d'énergie que dans l'industrie.

Ce sont les composés fossiles : pétrole, gaz naturel et charbon.

8. Nommez les différentes réserves en combustibles fossiles.

Les réserves prouvées, les réserves probables et les réserves possibles. L'ensemble forme les réserves ultimes.

9. Nommez les sphères intervenant dans le cycle du carbone.

L'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère.

10. Qui produit le carbone organique ?

Ce sont les êtres vivants.