

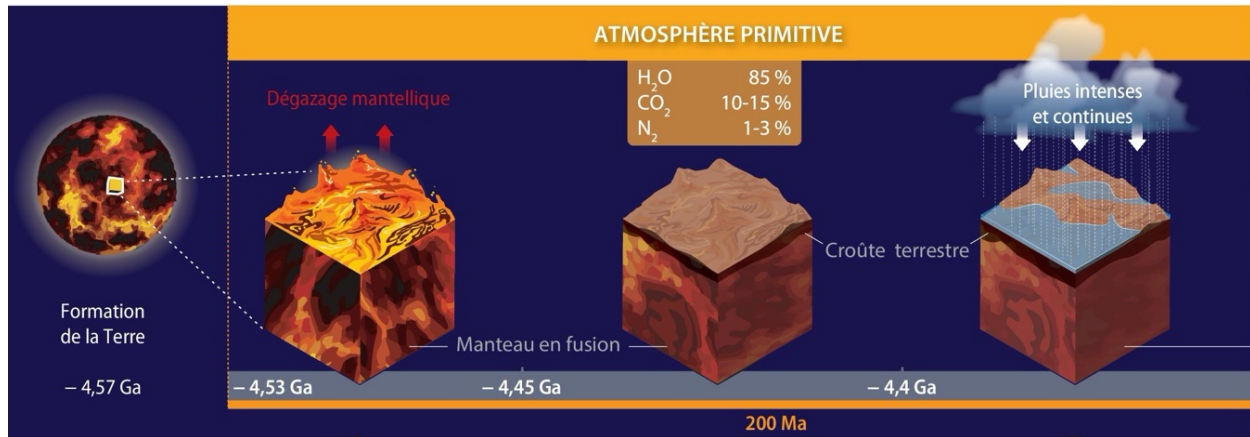
Sommaire

<i>Séquence 1. L'histoire de l'atmosphère terrestre : zoom sur l'eau. Documents 1 à 7.....</i>	<i>2</i>
<i>Travail en commun. L'état de l'eau sur les planètes telluriques. Document 8.</i>	<i>5</i>
<i>Séquence2. CO₂ et O₂ atmosphériques. Preuves géologiques de l'apparition de l'O₂. Documents 9 à 16.....</i>	<i>6</i>
<i>Séquence 3. L'origine du O₂ atmosphérique et le cycle actuel de l'oxygène. Documents 17 à 20.....</i>	<i>12</i>
<i>Séquence 4. L'ozone stratosphérique. Documents 21 à 28.....</i>	<i>14</i>
<i>Bilan sur l'évolution de l'atmosphère. Document 29.</i>	<i>17</i>

Séquence 1. L'histoire de l'atmosphère terrestre : zoom sur l'eau. Documents 1 à 7.

Document 1. Principales étapes de l'évolution de l'atmosphère terrestre.

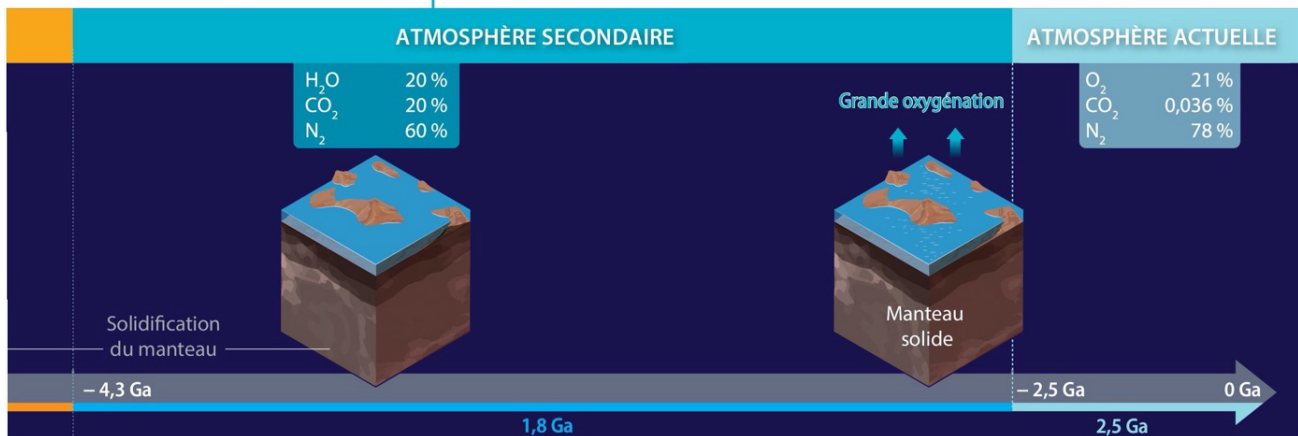
D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020



Phase de libération intense des gaz du manteau terrestre en fusion. Cela forme l'atmosphère primitive.

Formation des océans par liquéfaction de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère primitive. Cet événement a été très rapide à l'échelle géologique (moins de 1 000 ans) et s'est produit très tôt dans l'histoire de la Terre : environ 150 Ma* après sa formation.

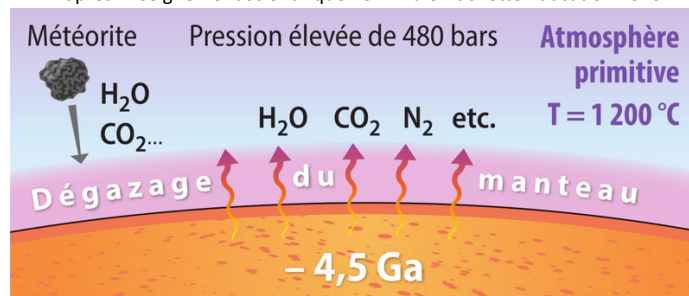
La présence d'eau liquide permet l'altération* des roches continentales. Cela consomme du CO₂ atmosphérique qui se retrouve alors piégé dans l'hydrosphère sous forme de carbonates peu solubles qui précipitent.



Seuls les principaux gaz de l'atmosphère sont indiqués dans la frise.

Document 2. Origine et caractéristiques de l'atmosphère primitive.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hachette Éducation 2020

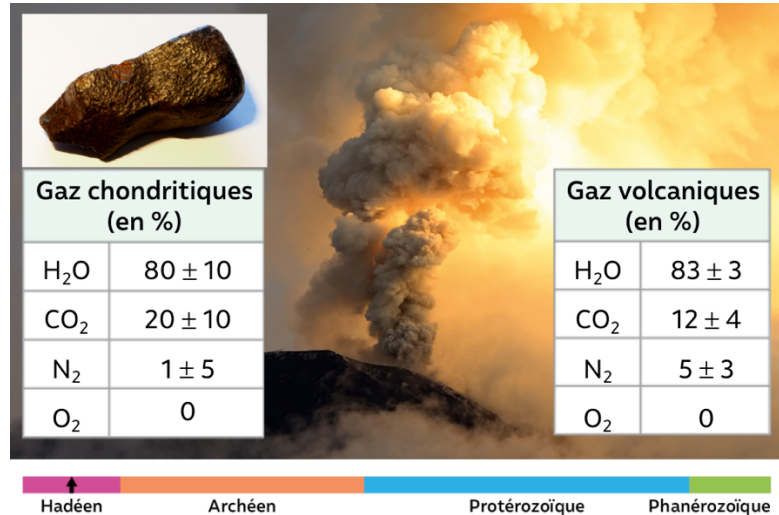


Pression atmosphérique estimée à 4,4 Ga : 210 bars. Pression atmosphérique actuelle : 1 bar.

Document 3. La connaissance de la composition de l'atmosphère primitive.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020 modifié 2024

La Terre s'est formée par agglomération de gaz, poussières et éléments de toute taille présents dans l'environnement du Soleil. Ensuite, un intense bombardement météoritique a eu lieu. On estime la composition en espèces chimiques de l'atmosphère primitive soit en analysant le dégazage volcanique de la Terre, soit en mesurant les gaz extraits par vaporisation de chondrites (météorites) en laboratoire.



Guide de résolution.

- **Donner** les principales étapes de l'évolution atmosphérique : **montrer** notamment que la composition atmosphérique s'est modifiée.
- **Préciser** comment estimer la composition initiale en gaz.

Document 4. Conditions physico-chimiques de formation des océans.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

La liquéfaction de la vapeur d'eau atmosphérique a été une conséquence du refroidissement de la Terre dont l'origine demeure incertaine. Cependant la formation de la croûte terrestre a certainement joué un rôle décisif en isolant thermiquement le manteau encore très chaud de l'atmosphère, permettant ainsi à cette dernière de refroidir.

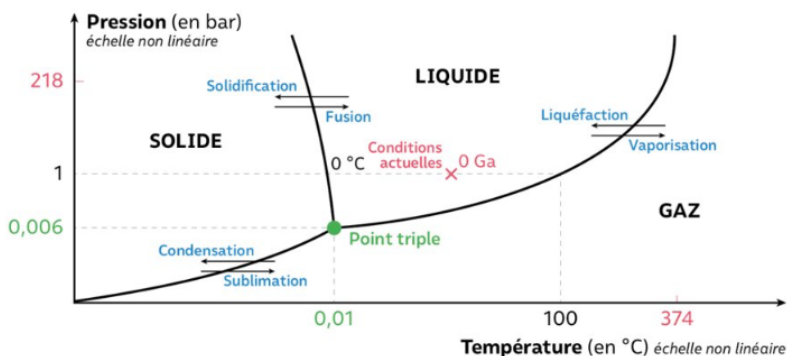
Âge (en Ga)	Pression atmosphérique (en Pa)	Température (en °C)	Événement à la surface de la Terre
-4,45	Entre 3,1 x10 ⁷ et 4,8 x10 ⁷	1 000	Formation d'une mince croûte en surface
-4,40 à -4,26	Entre 4,0 x10 ⁶ et 2,0 x10 ⁷	Entre 200 et 250	Formation de l'hydrosphère

Document 5. L'état de l'eau sur Terre à différentes époques.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020

Diagramme d'états de l'eau.

Les courbes délimitent trois domaines de pression et de température. Au point triple, les trois états de l'eau coexistent.



Évolution de la pression et de la température moyenne sur Terre depuis l'Hadéen.

Âge terrestre (Ga)	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (bar)	État de l'eau
- 4,6	> 1500	260	Gaz
- 4,4	350	218	
- 4,1	250	< 10	
- 3,3	100	4	
0 (actuel)	15	1	Liquide

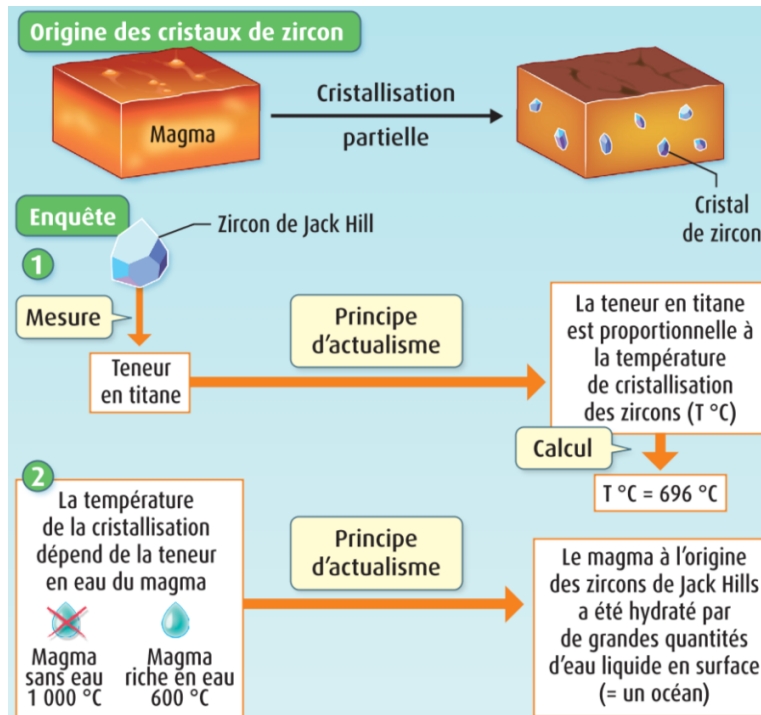
Guide de résolution.

- **Utiliser** le document 5 pour **expliquer** comment l'eau a pu passer de l'état gazeux à l'état liquide dans l'histoire de la Terre.
- **Donner** une explication à la baisse rapide de la pression atmosphérique (hors documents).

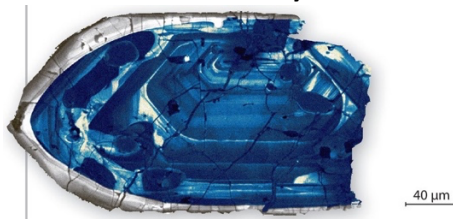
Document 6. Le plus vieux matériau continental connu.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020 et Belin 2024

Dans la région des Jack Hills en Australie, on trouve des roches sédimentaires âgées de 3,3 Ga contenant des minéraux vieux de 4,4 Ga (soit 4,4 milliards d'années) : des zircons. Ce sont les plus anciens matériaux connus à la surface de la Terre. En analysant les teneurs en titane de ces zircons, et en utilisant le principe d'actualisme, il est possible d'en déduire des informations sur l'environnement de la formation de ces minéraux.



Le zircon analysé.



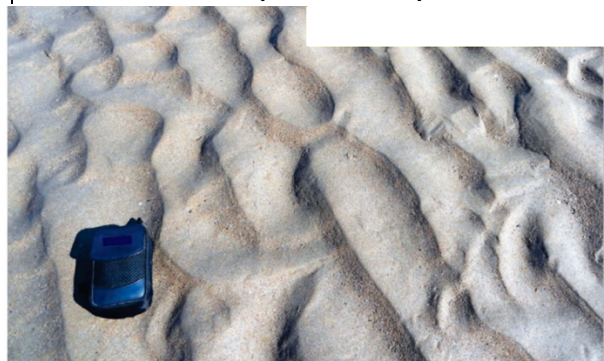
Document 7. Des traces anciennes d'eau sur Terre.

D'après Enseignement scientifique Terminale Magnard 2020

Rides de courant fossiles (-2,7 Ga) sur un littoral ancien (Australie).



Rides de courant sur un littoral actuel (Noirmoutier).



L'actualisme est le principe qui postule que les lois qui régissent les phénomènes géologiques actuels sont les mêmes que celles qui s'exerçaient dans le passé.

Guide de résolution.

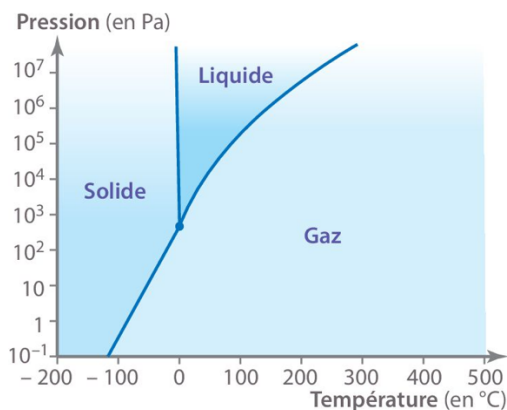
- **Préciser** ce qu'est le principe d'actualisme et en **donner** des exemples (hors document).
- **Donner** des arguments géologiques allant dans le sens de la présence d'eau liquide.

Document 8. L'eau et les planètes telluriques.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

Les planètes telluriques, Mercure, Vénus, Terre et Mars, sont les plus proches du soleil. Elles sont constituées des mêmes éléments chimiques et l'eau y est présente, dans le sol ou dans l'atmosphère. Cependant l'état physique de l'eau diffère sur chacune de ces planètes.

1. Diagramme d'état de l'eau.



2. Pression et températures des planètes telluriques.

	Pression atmosphérique au sol (en pascals, Pa)	Température minimale en surface (en °C)	Température maximale en surface (en °C)
Mercure	≈ 0	-170	+480
Vénus	9 × 10 ⁶	+450	+480
Terre	10 ⁵	-70	+60
Mars	6 × 10 ²	-120	+30

Guide de résolution.

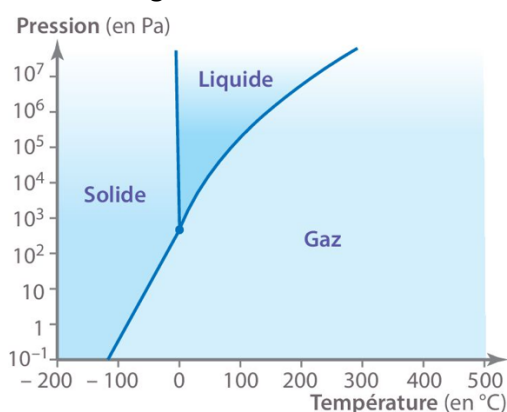
1. **Déterminer** le ou les états physiques de l'eau à la surface de chacune des planètes telluriques.
2. **Indiquer** la grandeur physique (pression ou température) qui devrait être différente pour que l'eau liquide soit présente sur Mars. **Justifier** la réponse.

Document 8. L'eau et les planètes telluriques.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

Les planètes telluriques, Mercure, Vénus, Terre et Mars, sont les plus proches du soleil. Elles sont constituées des mêmes éléments chimiques et l'eau y est présente, dans le sol ou dans l'atmosphère. Cependant l'état physique de l'eau diffère sur chacune de ces planètes.

1. Diagramme d'état de l'eau.



2. Pression et températures des planètes telluriques.

	Pression atmosphérique au sol (en pascals, Pa)	Température minimale en surface (en °C)	Température maximale en surface (en °C)
Mercure	≈ 0	-170	+480
Vénus	9 × 10 ⁶	+450	+480
Terre	10 ⁵	-70	+60
Mars	6 × 10 ²	-120	+30

Guide de résolution.

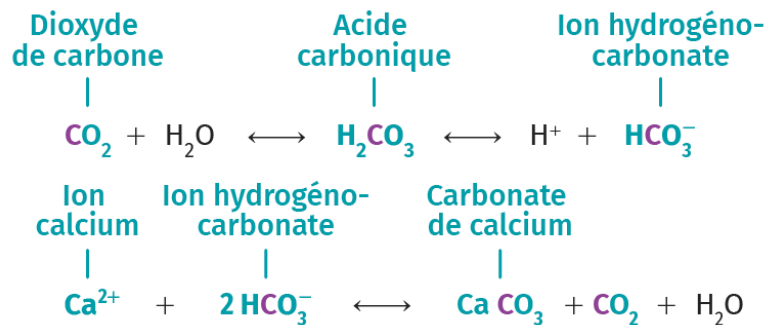
1. **Déterminer** le ou les états physiques de l'eau à la surface de chacune des planètes telluriques.
2. **Indiquer** la grandeur physique (pression ou température) qui devrait être différente pour que l'eau liquide soit présente sur Mars. **Justifier** la réponse.

16.

Document 9. Les flux de carbone.

D'après Enseignement scientifique Terminale Le Livre Scolaire 2020

Le carbone peut passer d'un réservoir à un autre. Ce processus peut correspondre à un déplacement physique ou bien à une réaction chimique. Ces flux peuvent se faire à différentes échelles de temps. Ce processus de formation du carbonate de calcium (calcaire) dans les océans tient ainsi en une série de réactions chimiques :

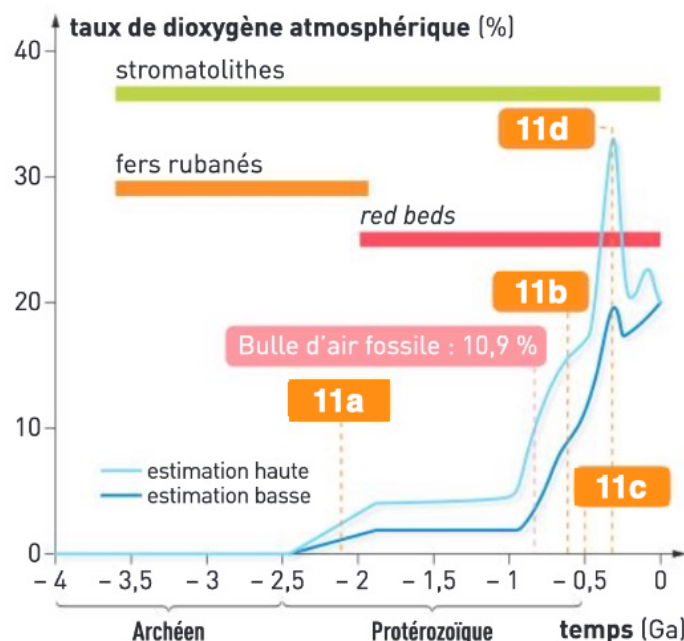
Équations simplifiées de la formation des carbonates.**Guide de résolution.**

- **Rappeler** comment a évolué le taux de CO₂ atmosphérique (document 1).
- **Expliquer** cette évolution à partir des équations présentées.

Document 10. Évolution de la concentration en dioxygène dans l'atmosphère terrestre au cours du temps.

D'après Enseignement scientifique Terminale Bordas 2024

Les tracés de l'évolution de la concentration atmosphérique de O₂ dans le passé comportent de nombreuses incertitudes. La grande oxygénation qui aurait eu lieu vers -2,5 Ga est avérée mais elle n'a peut-être pas été aussi importante, ni aussi brutale.



La première période terrestre se nomme l'Hadéen (dérivant d'Hadès, le dieu grec des enfers). L'Hadéen est suivi par l'Archéen (« commencement, origine »), puis par le Protérozoïque (« premières formes de vie ») et enfin par le Phanérozoïque (« vie visible »).

Document 11. Fossiles et apparition du O₂.

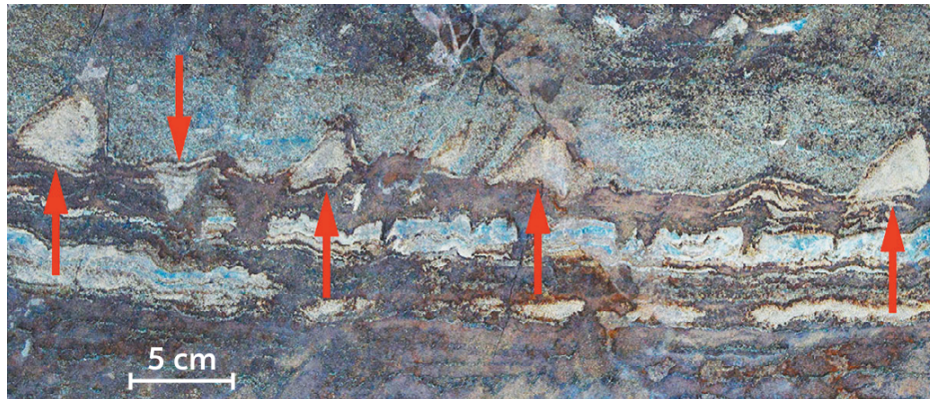
D'après Enseignement scientifique Terminale Bordas 2024 (sauf indication supplémentaire)

Très longtemps, la vie terrestre est restée unicellulaire. Puis des cellules eucaryotes ont donné naissance à des organismes pluricellulaires formés de cellules organisées en tissus et organes.

11a. Des traces de vie très anciennes.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2024

Les couches sédimentaires d'Isua au Groenland (-3,8 Ga) renferment de possibles traces de vie. Les structures en forme de cônes (ciblées par les flèches rouges) sont attribuées à l'activité d'organismes vivants.



11b. Une faune âgée de 2,1 Ga.

En 2010, au Gabon, A. El Albani découvre dans des couches d'argiles noires âgées de 2,1 Ga, des fossiles qu'il interprète comme ceux d'organismes eucaryotes pluricellulaires complexes. Selon lui, cette émergence est à relier à une augmentation importante du taux d'O₂ utilisé par respiration comme une source d'énergie pour les êtres vivants. En l'absence d'organes de distribution du dioxygène au sein de l'organisme, les cellules situées au centre de l'être vivant n'étaient alimentées que par simple diffusion du gaz au travers des tissus. Une concentration élevée en dioxygène était donc nécessaire pour que les organismes atteignent une taille plus importante.

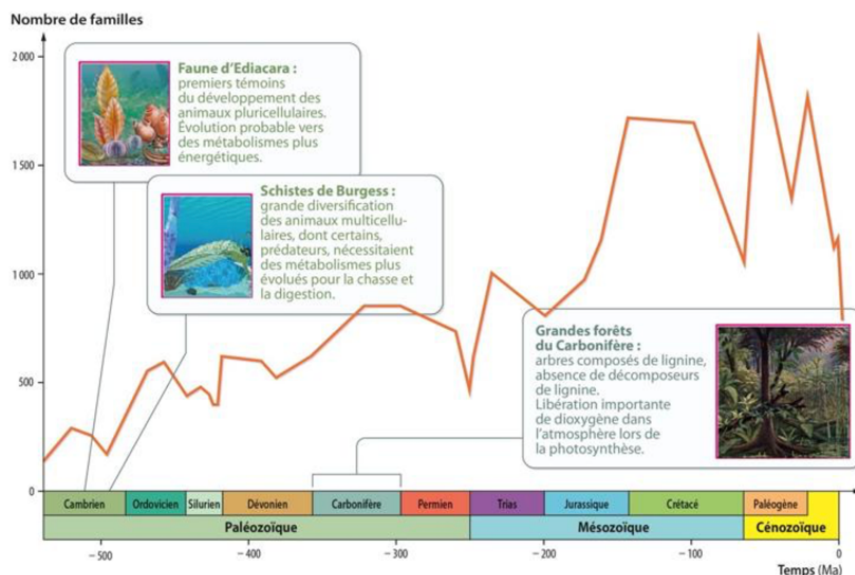
Reconstitution virtuelle externe et interne d'un spécimen long de 12 cm.

<https://geosciences.univ-rennes.fr> (consulté le 29/08/24)



11c. Évolution du nombre de familles d'espèces au cours du phanérozoïque.

Enseignement scientifique terminale Hachette Éducation 2024



11d. La faune d'Ediacara.

A la fin de l'époque protérozoïque, entre -635 et -541 Ma, se développe une faune découverte dans les monts Ediacara (Australie) puis sur l'ensemble de la planète. L'existence de ces organismes pluricellulaires à corps mou, plus grands que les précédents, suppose un accroissement du taux de dioxygène à cette époque. Cette faune d'Ediacara apparaît comme une période de diversification évolutive des organismes pluricellulaires restée sans suite.

Dickinsonia était ovale et plat avec une sorte de dorsale centrale, mesurait plusieurs dizaines de centimètres de longueur et vivait au fond des océans, sans bouche, intestins ni anus.

www.sciencesetavenir.fr (consulté le 29/08/24)



11e. La faune de Burgess.

Entre -528 et -510 Ma, d'autres types d'organisations pluricellulaires, d'abord mises en évidence dans les schistes de Burgess (Canada) apparaissent sur Terre. Ils comportent une forte diversité de plans d'organisation : tous les groupes modernes d'animaux y sont déjà représentés ainsi que des groupes qui disparaîtront rapidement.

Reconstitution paléoartistique de la faune de Burgess. Wikipédia (consulté le 29/08/24)



11f. Les insectes géants du Carbonifère (-359 à -299 Ma). D'après Le Livre Scolaire 2024 (modifié)

Au Carbonifère vivaient des libellules géantes nommées *Meganeura*. Elles mesuraient jusqu'à 40 cm de long et 70 cm d'envergure. En comparaison, les libellules actuelles ont une taille maximale de 10 cm de long et une envergure de 17 cm.

Des travaux de recherche ont permis d'établir une relation entre proportion de dioxygène dans l'atmosphère et taille des libellules. Pour cela, des libellules ont été élevées sur plusieurs générations dans un milieu enrichi en dioxygène, et une augmentation de 15 % de leur taille a pu être mesurée.

<https://svtbouchaud.fr>



Document 12. Uraninite en provenance de gisements formés entre -4,5 et -2 Ga.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020 et <https://geologyscience.com> (consulté le 2/09/26)

L'uraninite (UO_2) est une roche continentale composée de minéraux stables uniquement dans des atmosphères pauvres en O_2 .



Document 13. Les apports de la halite.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020 et Bordas 2024

La halite est un minéral constitué de cristaux de sel (NaCl). En se formant, ces cristaux piègent des bulles d'air et gardent ainsi en mémoire la composition de l'atmosphère au moment de leur formation. On a ainsi pu analyser des bulles d'air âgées de 815 Ma : le taux d' O_2 atmosphérique était déjà de 10,9 %.

Guide de résolution.

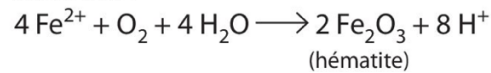
- **Décrire** l'évolution du taux d' O_2 atmosphérique au cours du temps.
- **Donner** des preuves géologiques de sa présence et de l'évolution de sa concentration.

Document 14. Fers rubanés et sols rouges continentaux : des témoins de la présence de dioxygène.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

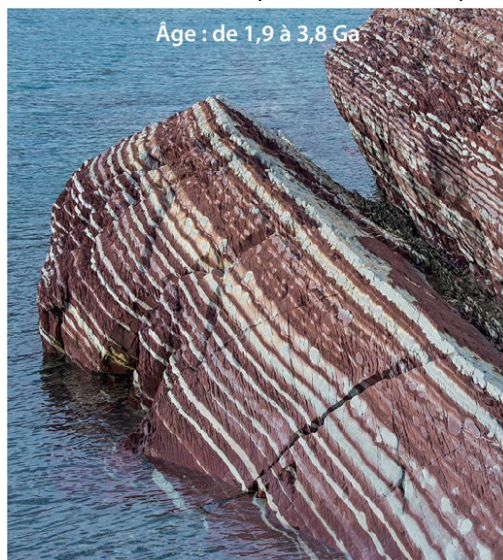
Lors de l'altération par l'eau des roches continentales, des ions fer II (Fe^{2+}) sont libérés. Deux cas de figures peuvent alors se présenter :

- en présence d'une atmosphère dépourvue de O_2 (= atmosphère réductrice), ils persistent sous cette forme et sont transportés jusqu'aux océans. Dès qu'ils rencontrent des conditions oxydantes (présence d' O_2), ils s'oxydent en ions fer III (Fe^{3+}) et peuvent alors précipiter localement sous forme d'hématite (fers rubanés) suivant l'équation :



- en présence d'une atmosphère oxydante (= riche en O_2), les ions Fe^{2+} s'oxydent directement au niveau des continents (formation d'hématite) et n'atteignent donc pas les océans.

Fers rubanés, roches sédimentaires, d'origine marine. Ces roches sont constituées d'une alternance de silice (bandes claires) et d'hématite Fe_2O_3 (bandes sombres).



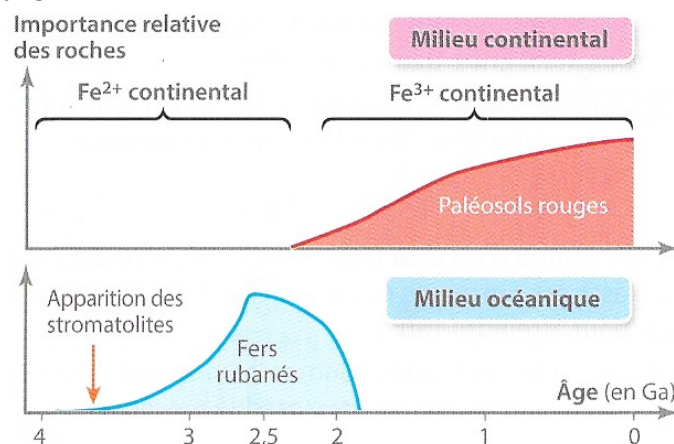
Sols rouges continentaux (= red beds) actuels, riches en oxydes de fer de type hématite (rouge). Ces sols témoignent de la présence d'une atmosphère oxydante.



Document 15. Mise en place de roches riches en oxydes de fer en fonction du temps.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

Les paléosols, ou sols fossiles, sont composés d'une forte teneur en hématite (Fe_2O_3) qui sont des formes oxydées du fer.

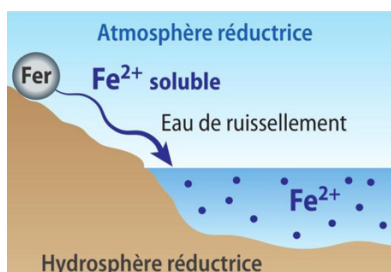


Document 16. Formation des fers rubanés et des paléosols continentaux.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hachette Éducation 2020

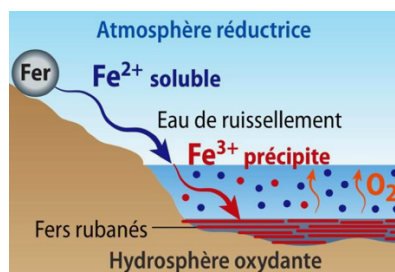
Période 1. Milieu non oxydant.

La présence de fer dissous sous forme d'ions Fe^{2+} dans les océans témoigne d'un milieu non oxydant (absence de dioxygène).



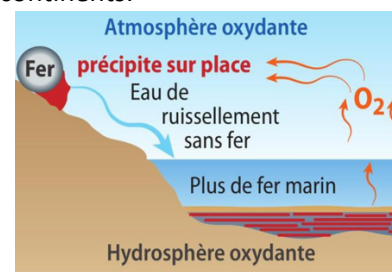
Période 2. Oxydation dans les océans.

Un processus à l'origine d'un dégagement de dioxygène dans les océans entraîne une oxydation des ions Fe^{2+} en ions Fe^{3+} peu solubles, qui précipitent et sont sédimentés.



Période 3. Dioxygène atmosphérique.

Après consommation totale du fer marin, le dioxygène se répand vers l'atmosphère. Le fer n'est plus transporté vers les océans car il précipite alors directement sur les continents.



Guide de résolution.

Expliquer l'origine des fers rubanés (**utiliser** les notions de « soluble » et « précipité » pour répondre).

Proposer une explication à la formation décalée des paléosols continentaux rouges par rapport aux fers rubanés.

Document 17. Les cyanobactéries, premiers organismes producteurs de dioxygène.

D'après Enseignement scientifique Terminale Bordas 2020

Les stromatolithes sont de très anciennes structures résultant d'une activité biologique. Ils sont contenus dans des affleurements rocheux de Pilbara (Australie) qui datent de -3,5 Ga. L'étude de leur formation se fait par comparaison avec des stromatolithes s'édifiant actuellement en milieu marin.

Stromatolithes fossiles de Pilbara (Australie).



Stromatolithes actuels de Shark Bay (Australie).



Les stromatolithes se forment grâce à l'activité photosynthétique des cyanobactéries¹ qu'elles contiennent.

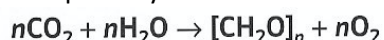
En effet, les cyanobactéries effectuent des échanges gazeux avec leur environnement : elles absorbent le dioxyde de carbone (CO₂) dissous dans l'eau des océans et dégagent du dioxygène (O₂).

Deux modes de croissance des stromatolithes existent.

Le premier est le piégeage mécanique de particules minérales par les tapis de colonies bactériennes, piégeage suivi du dépôt de nouveaux grains, eux-mêmes encroûtés à leur tour par les cyanobactéries.

Le second est la précipitation biochimique de minéraux associée à l'activité photosynthétique. Dans cette situation, deux réactions chimiques ont lieu :

- La photosynthèse



- La précipitation² des ions carbonates sous forme de calcaire.

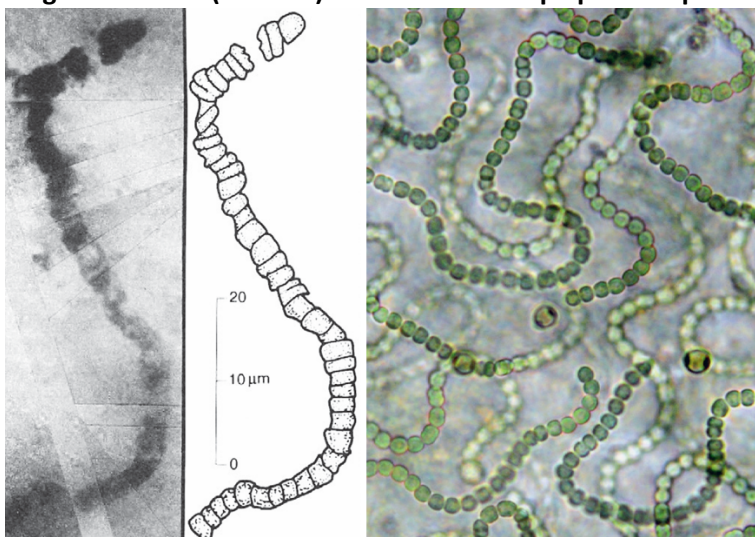


La photosynthèse, en consommant du CO₂, favorise localement la précipitation des carbonates.

¹ Organisme procaryote possédant de la chlorophylle et donc photosynthétique.

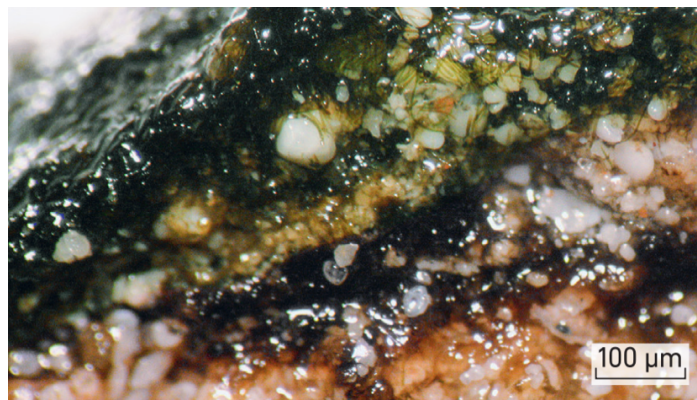
² Formation d'un corps solide dans une solution.

Cyanobactéries fossiles de Pilbara (à gauche) et actuelles du genre Nostoc (à droite) vues au microscope photonique.



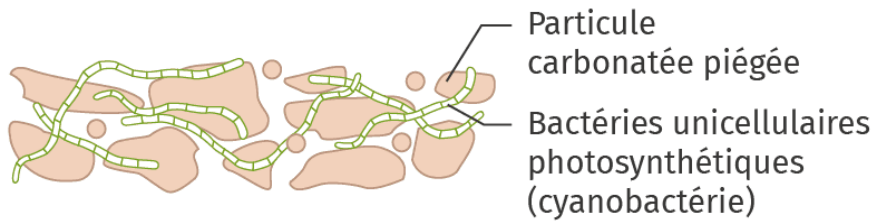
Coupe de la partie superficielle d'un stromatolithe actuel.

Les couches vertes de cyanobactéries vivantes alternent avec des couches claires de matière minérale.



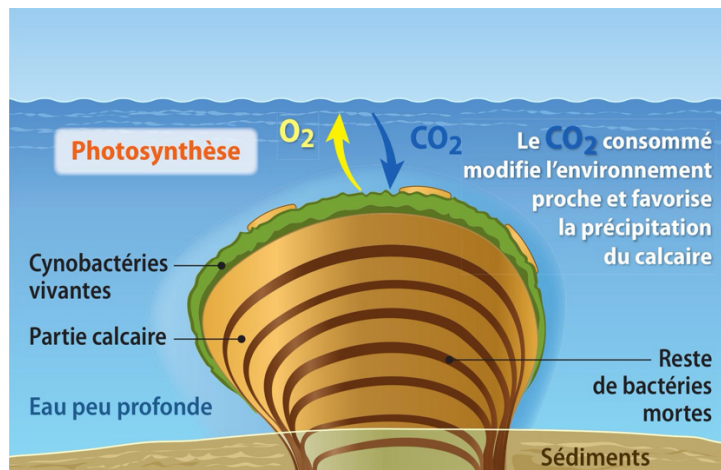
Document 18. Organisation d'un stromatolithe.

D'après Enseignement scientifique Terminale Le Livre Scolaire 2020



Document 19. La structure d'un stromatolithe.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hachette Éducation 2020

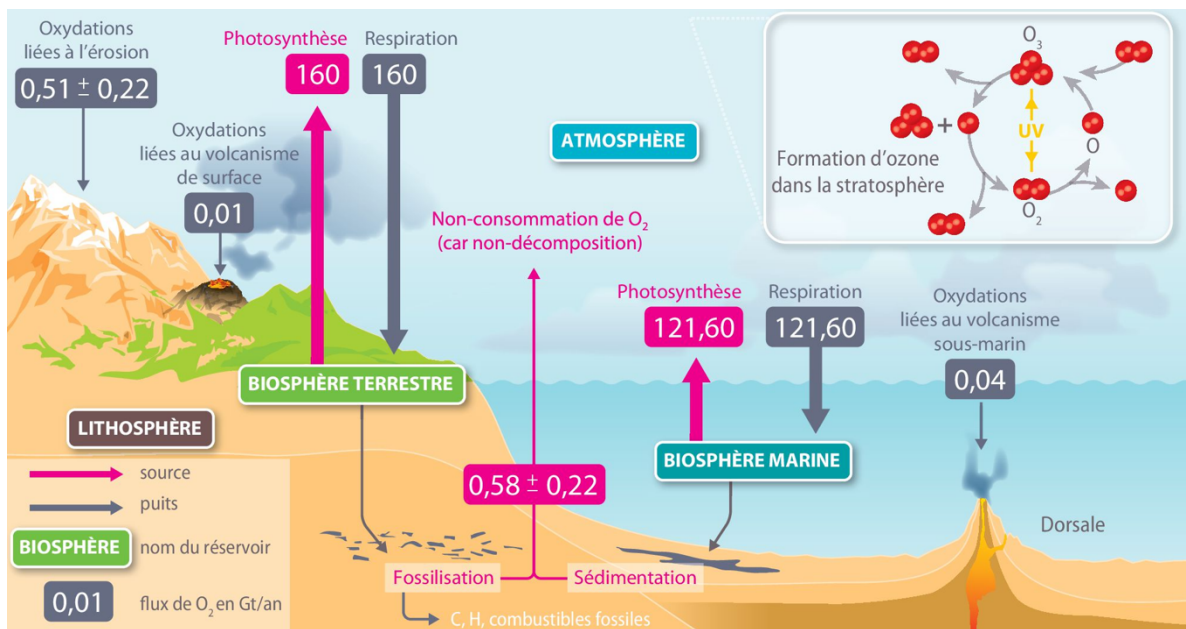


Guide de résolution.

- **Décrire** les stromatolithes, leur mode de fonctionnement et **expliquer** pourquoi ils sont à l'origine d'un dégagement de dioxygène.

Document 20. Flux actuels du dioxygène atmosphérique.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020



Guide de résolution.

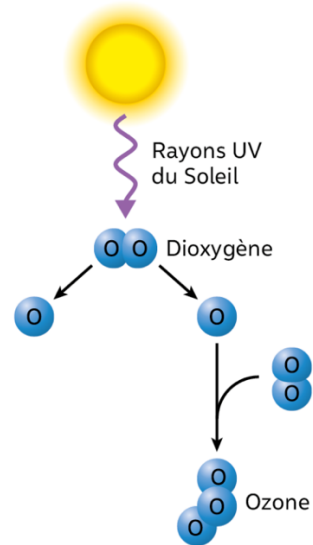
- **Expliquer** le cycle du dioxygène. **Introduire** les notions de puits et de source d'O₂.
- **Préciser** ce que représente l'unité Gt.
- **Démontrer** si le cycle est équilibré ou déséquilibré.

Séquence 4. L'ozone stratosphérique. Documents 21 à 28.

Document 21. Formation de l'ozone.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020

Modèle de création de l'ozone stratosphérique (couche de l'atmosphère située entre 12 et 55 km d'altitude). Cette transformation est réalisée en présence de radiations UV.



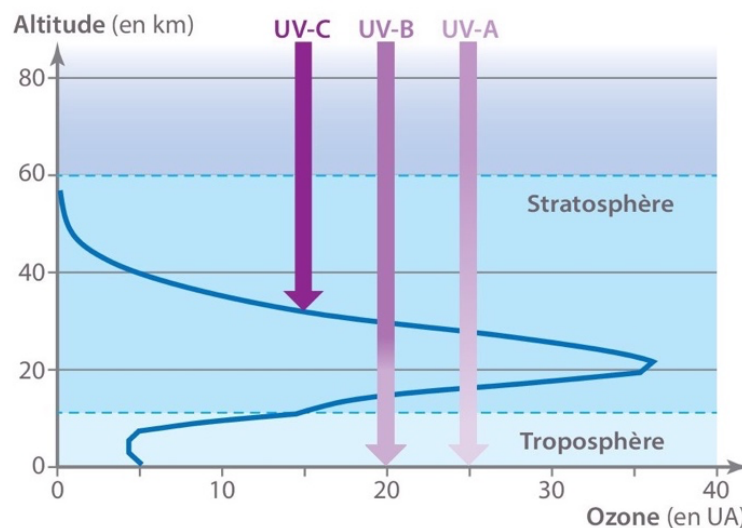
Document 22. L'ozone, une barrière naturelle contre les UV.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

L'essentiel de l'ozone (O_3) atmosphérique est situé dans la stratosphère. Ce gaz absorbe la totalité des rayons UV-C et une grande partie des rayons UV-B. Finalement, 95 à 98 % des rayons UV-A et 2 à 5 % des rayons UV-B atteignent le sol.

Les UV-C ont des longueurs d'ondes comprises entre 200 et 280 nm, les UV-B, 280 à 320 nm et les UV-A, 320 à 400 nm.

Absorption différentielle des rayons UV par l'ozone atmosphérique.

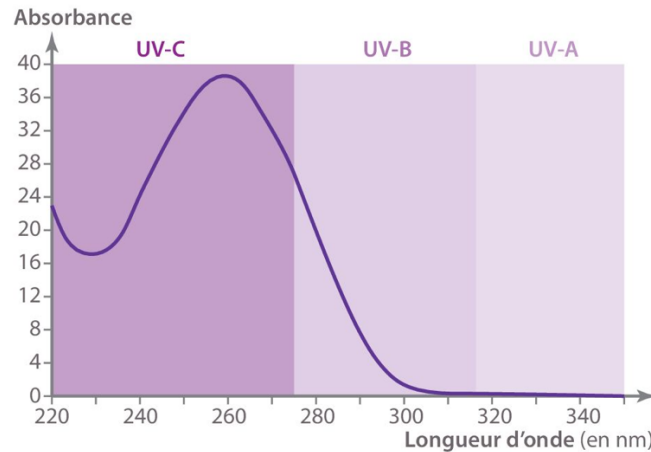


Document 23. L'ADN : une molécule sensible aux UV.

D'après Enseignement scientifique Terminale Hatier 2020

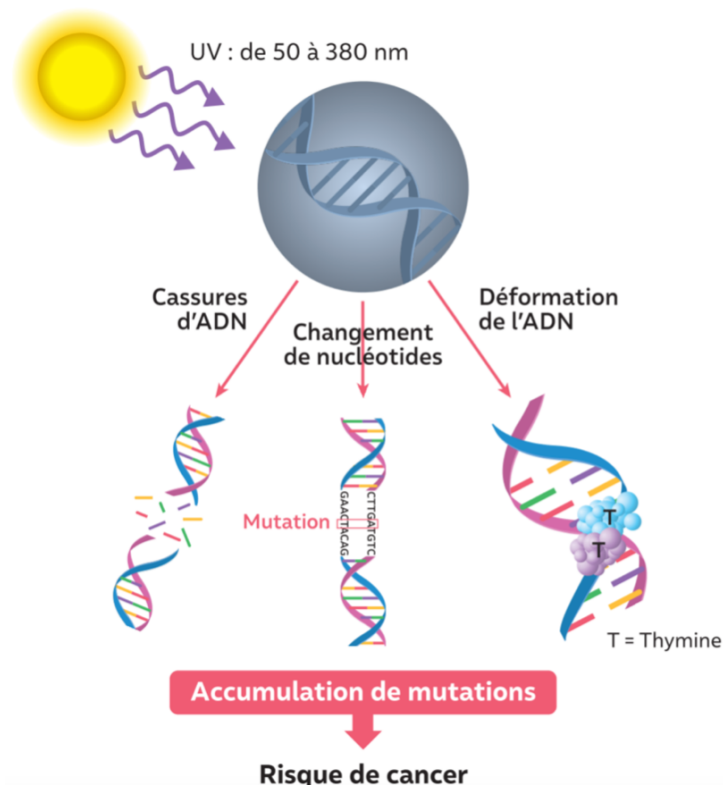
Parmi les rayonnements UV, les UV-C sont ceux dont les longueurs d'ondes sont les plus courtes. Cela leur confère un pouvoir d'altération considérable sur les molécules biologiques, et notamment sur l'ADN. Si la totalité des UV-C atteignait la surface de la Terre, la vie y serait impossible hors de l'eau.

Spectre d'absorption de l'ADN dans le domaine des UV.



Document 24. Effet mutagène des UV sur l'ADN.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2024



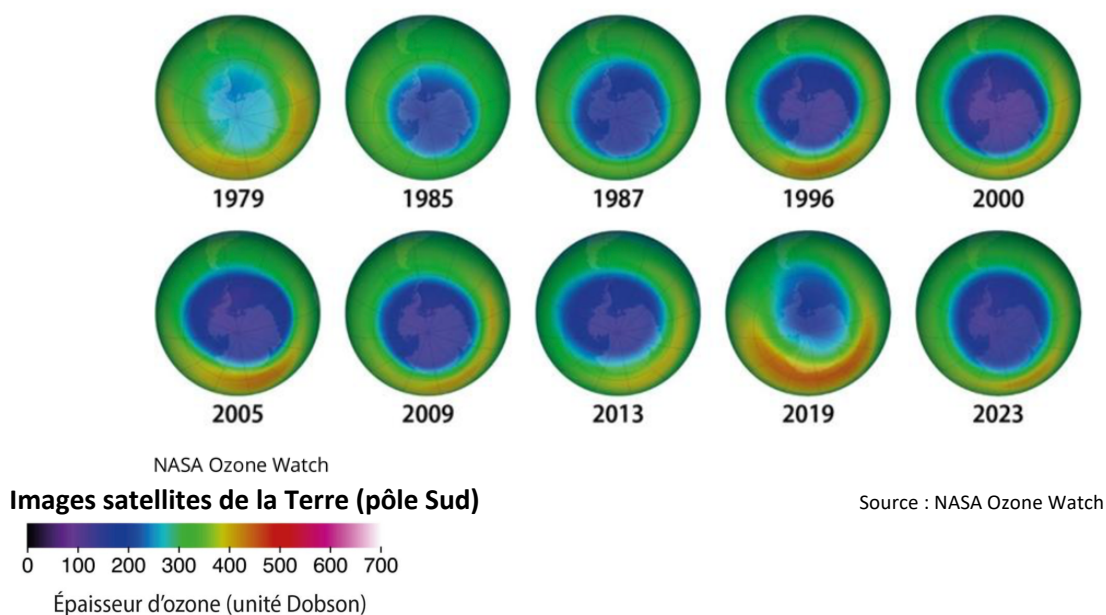
Le risque de cancer (mélanome) apparaît en l'absence de réparation ou de mort cellulaire.

Guide de résolution.

- **Préciser** comment se forme l'ozone.
- **Expliquer** la différence entre ozone troposphérique et ozone stratosphérique (ici on aborde l'ozone stratosphérique)
- **Préciser** quel est le rôle de l'ozone et son rôle pour le vivant.

Document 25. Surveillance de l'ozone stratosphérique.

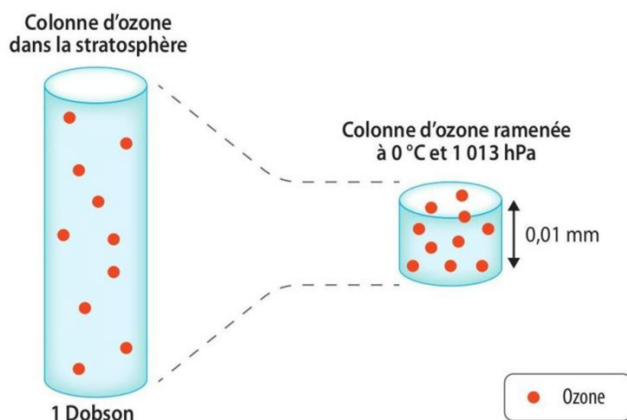
Enseignement scientifique terminale Hachette Éducation 2024



Le Dobson : unité de mesure de l'épaisseur de la couche d'ozone.

Enseignement scientifique terminale Hachette Éducation 2024

Une unité Dobson équivaut à une couche d'ozone de 0,01 mm d'épaisseur à la surface de la Terre, sous une pression atmosphérique normale (1 013,25 hPa) et à une température de 0 °C (273,15 K). Donc, si une région a une valeur de 300 unités Dobson (valeur moyenne sur Terre), cela signifie qu'il y a assez d'ozone pour former une couche de 3 millimètres d'épaisseur sous les conditions standard dans la colonne d'air au-dessus de cette région.



Document 26. Principe du protocole de Montréal signé en 1987.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020, modifié 2024

Le Protocole de Montréal est l'accord international qui assure la protection de la couche d'ozone par élimination graduelle à l'échelle mondiale des substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) telles que les CFC. Tous les pays membres des Nations Unies ont signé le Protocole de Montréal et tous ont l'obligation d'éliminer graduellement les SAO, qui sont utilisés en réfrigération, en climatisation, dans le gonflement de la mousse, dans les aérosols, dans les solvants et dans d'autres applications. Le Protocole de Montréal, signé à Montréal par 24 pays dont le Canada, est considéré comme étant l'un des accords multilatéraux les plus fructueux. Il a permis d'éliminer la grande majorité des SAO et, par conséquent, la couche d'ozone est en voie de rétablissement. Un grand nombre des substances visées par le Protocole étant également des gaz à effet de serre (GES), le fait de les éliminer a aussi grandement aidé dans la lutte contre les changements climatiques.

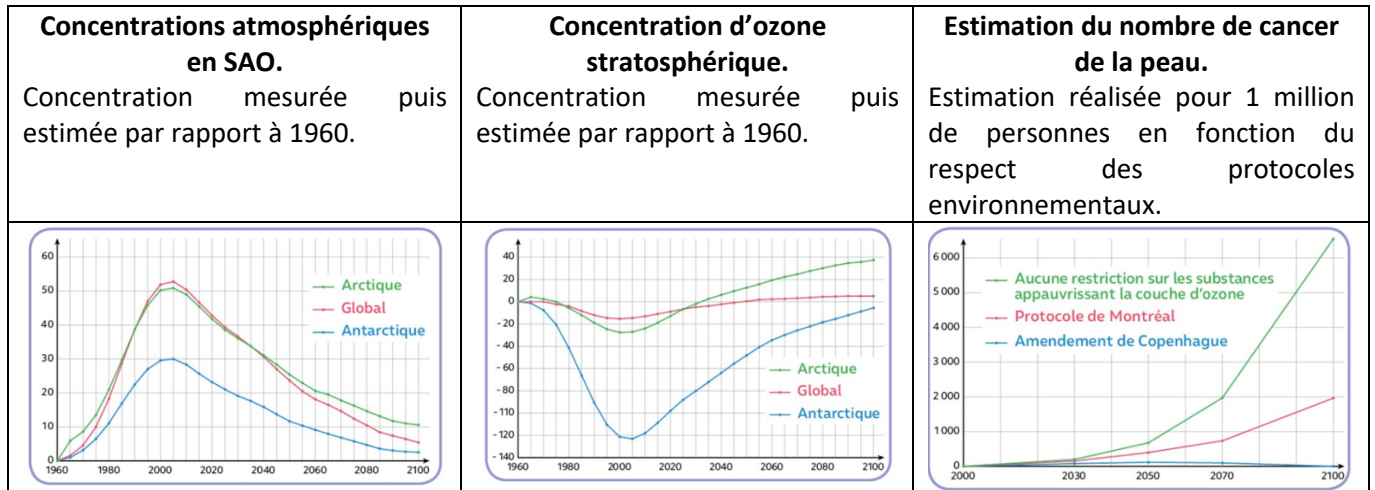
Le protocole a été amendé plusieurs fois par la suite (Londres, Copenhague...).

D'après www.actu-environnement.com

En 2009, tous les pays du globe ont ratifié le protocole.

Document 27. Diverses données.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020



Document 28. L'espoir d'un rétablissement de la couche d'ozone.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020, modifié 2024

En 2018, des chercheurs ont utilisé un satellite pour mesurer directement le trou dans la couche d'ozone en Antarctique. Ils ont constaté une diminution de 20 % depuis 2005. C'est la conséquence directe de l'interdiction internationale des produits chimiques contenant du chlore, les fameux CFC ou chlorofluorocarbones. Dans le futur, le trou d'ozone antarctique devrait continuer à diminuer à mesure que les CFC quitteront l'atmosphère. Mais étant donné que les CFC ont une durée de vie de 50 à 100 ans, le trou d'ozone devrait persister jusqu'en 2060 ou 2080.

Notez que l'extension du trou en décembre 2023 a été la 3^e plus grande enregistrée depuis les années 1980. Celle-ci a atteint l'équivalent de la superficie de l'Antarctique, ce qui n'a pas manqué d'interpeller les scientifiques. La cause de ce trou record est actuellement débattue.

D'après www.sciencesetavenir.fr

Guide de résolution.

- **Indiquer** comment varie l'épaisseur de la couche d'ozone au pôle Sud depuis 1979.
- **Préciser** comment **expliquer** ces variations en indiquant les mesures prises.

Bilan sur l'évolution de l'atmosphère. Document 29.

Document 29. L'apparition des deux formes moléculaires de l'oxygène.

D'après Enseignement scientifique Terminale Nathan 2020

Évolution des abondances en % de quantité de matière de dioxygène (O_2) et d'ozone (O_3) dans l'atmosphère terrestre.

