

# Concevoir et s'appropriier le cours en classe-puzzle

## **Présentation pour l'enseignant :**

**Sources de motivation :** utilisation de vidéos + travail en équipe (4 ou 5 élèves par équipe) + classe puzzle.

**Programme :** Ensemble du cours d'une partie (*deux exemples fournis : L'atmosphère et la vie / La complexité du système climatique*)

**Déroulement :** (sur trois séances d'une heure)

- En amont de la séance : les élèves ont fait un exercice ENT (à la maison) pour (re)mobiliser les notions de seconde et première nécessaires. **Ils peuvent aussi disposer lors de la séance d'une ressource supplémentaire « prérequis ».**

- Séance 1 (activité 1 : je rédige mon essentiel de cours) : groupe puzzle (le cours est coupé en 4, chaque membre de l'équipe reçoit les ressources correspondant à sa partie). Il étudie son dossier pendant 15 à 20 minutes individuellement puis les experts d'une même partie se regroupent pour échanger, s'entraider, s'expliquer et préparer la présentation qu'il feront à leur groupe-puzzle.

- Séance 2 (activité 2 : j'explique mon travail + activité 3 : je vérifie ma compréhension) : groupe puzzle constitué d'un expert de chaque partie, chacun s'explique sa partie + évaluation (diagnostic évalué ou pas) individuelle et courte. **NDA : dans la salle que j'occupe il y a un tableau pour chaque groupe ce qui facilite l'explication. Possibilité d'utiliser des grandes ardoises.**

- Séance 3 (activité 4 : je conçois mon QCM) : remédiation sous forme de cours magistral d'une vingtaine de minutes pour balayer le cours et réexpliquer les points les plus complexes + conception de 4 ou 5 (**nombre à ajuster en fonction du temps**) questions de QCM en équipe. La séance suivante commencera par un QCM (évaluation sommative) individuel conçu avec une sélection des questions des groupes.

**Améliorations :** **NDA : je suis très preneuse d'idée d'amélioration de cette séance.**

- Pour l'activité 1 : - Le guide de travail est peut-être trop guidé. Peut-être le fournir seulement en cas de besoin ou uniquement après la phase de réflexion individuelle ou seulement aux élèves qui ne font pas de spé scientifiques ou seulement aux élèves les plus en difficultés + les ressources fournies sont peut-être à modifier.

- Les grilles d'autoévaluation peuvent avoir différents usages et nécessitent d'être adaptées à l'objectif de l'enseignant. Elle peut par exemple servir pour une évaluation individuelle de son propre travail (en ménageant un temps de réflexion individuel dédié par exemple en fin de séance 1 ou avant ou après l'évaluation diagnostic) ; elle peut se faire en équipe afin d'analyser le travail d'équipe réalisé et de rechercher des améliorations pour la prochaine fois (ce temps de réflexion peut par exemple être envisagé en équipe en fin de séance 2 ou 3).

**Sources :** - Voir les ressources fournies à chaque groupe. **Les ressources utilisées sont des ressources de vulgarisation ou des ressources retravaillées pour simplifier leur compréhension. Il faut peut-être envisager des ressources plus scientifiques pour rendre l'activité plus rigoureuse mais sans que cela ne la rende trop difficile.**

## Exemple 1 : L'atmosphère et la vie

### Activité 1 : Je rédige mon essentiel de cours

**Améliorations :** - Le guide de travail est peut-être trop guidé. Peut-être le fournir seulement en cas de besoin ou uniquement après la phase de réflexion individuelle ou seulement aux élèves qui ne font pas de spé scientifiques ou seulement aux élèves les plus en difficultés.

- Les ressources fournies sont peut-être à modifier.

Après avoir pris connaissance des ressources fournies, rédiger quelques phrases de cours à retenir sur votre sujet. Vous devrez être en mesure de les expliquer au reste de votre équipe.

### Activité 1A : Formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère terrestre

**Avant de commencer,** vous devez savoir : Quel est l'âge de la Terre ?

**Guide de travail :**

- Quand et comment s'est formée l'atmosphère primitive ?
- Comparer la composition de l'atmosphère primitive et de l'atmosphère actuelle.
- Quand et comment s'est formée l'hydrosphère ?
- Qu'est ce qui a pu apparaître grâce à la formation de l'hydrosphère ?

Ressources : (fournies en format numérique de préférences)

- Définitions

- Vidéo 1 : <https://www.youtube.com/watch?v=ErKJv0FmgG4> (10.56 à 14.06)

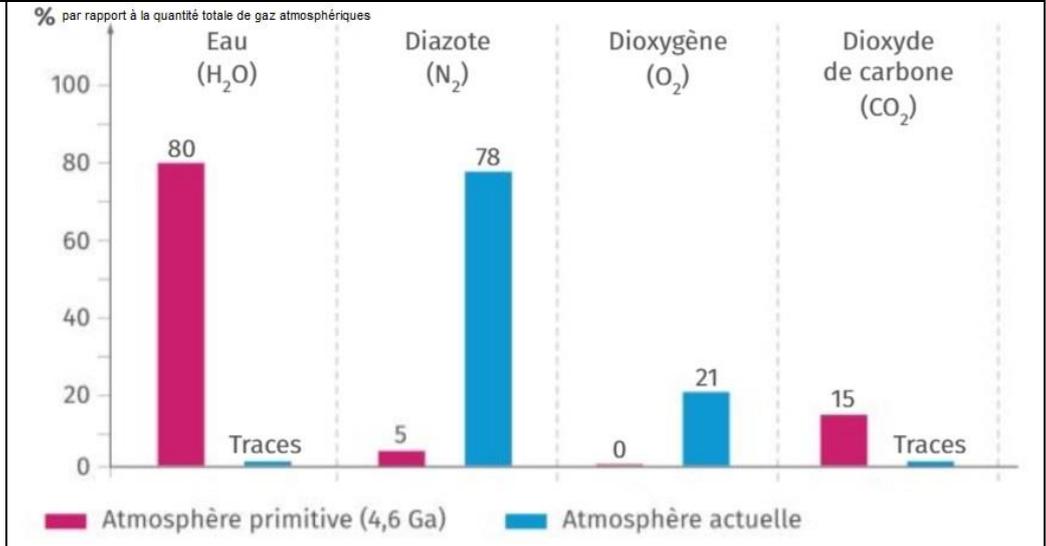
TOUT COMPRENDRE SUR L'ATMOSPHERE - Dossier #1 - L'Esprit Sorcier

- Vidéo 2 : [https://www.youtube.com/watch?v=b2PJGUJ-ics&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=b2PJGUJ-ics&feature=emb_title) (28.38 à 31.50)

Le roman de l'eau : l'eau et sa planète

- Document 1 : L'atmosphère primitive et l'atmosphère actuelle

En plus des gaz présentés sur l'histogramme : l'atmosphère primitive (déterminée par des analyses géologiques) contenait aussi des traces de méthane (CH<sub>4</sub>) ; l'atmosphère actuelle contient aussi d'autres gaz sous forme de traces : argon (Ar) méthane (CH<sub>4</sub>), protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ... La quantité absolue de diazote (N<sub>2</sub>) est restée globalement stable dans l'atmosphère terrestre depuis sa formation.



Composition chimique des atmosphères primitive et actuelle

D'après LLS p.18

- Document 2 :

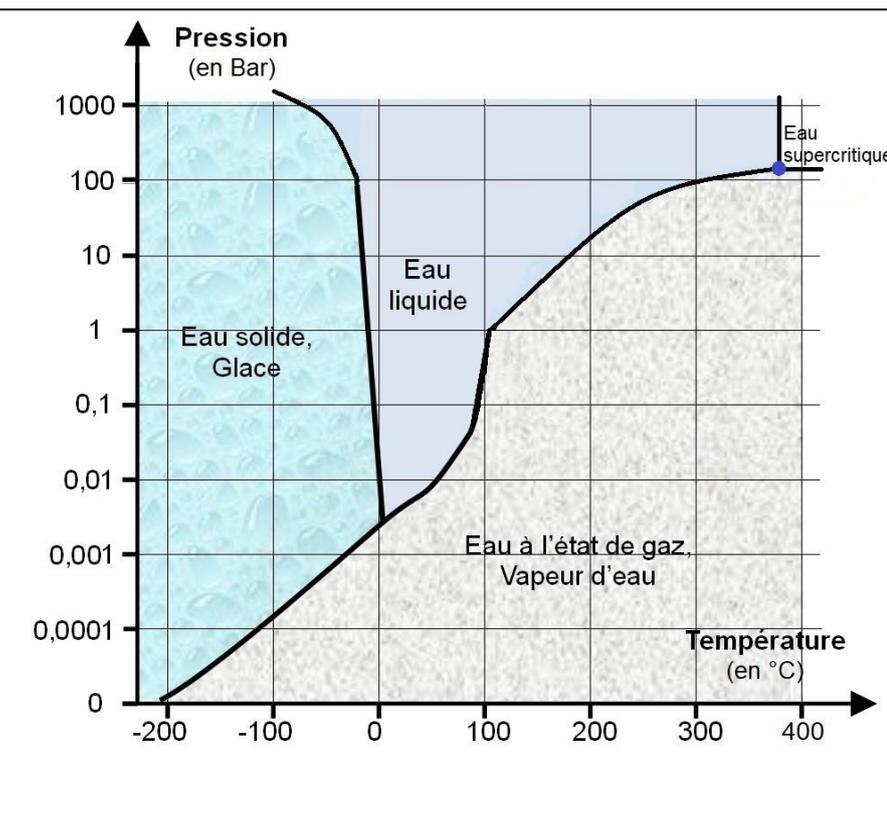
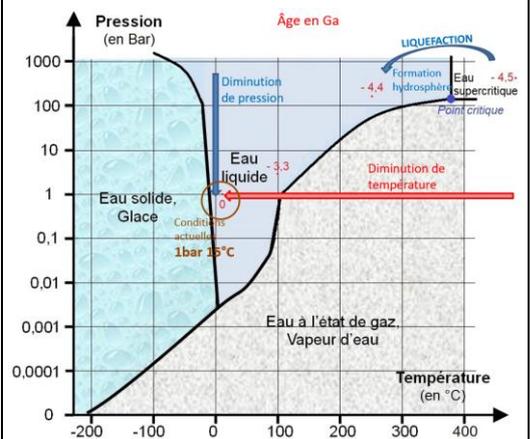


Diagramme d'état de l'eau

L'état supercritique est un état intermédiaire entre liquide et gaz, mêlant les propriétés de ces deux états.

Correction



Pression et Température moyenne à la surface de la Terre depuis sa création

Age terrestre (Ga)	- 4,5	- 4,4	- 3,3	0 (actuel)
Température de surface (°C)	1 200	250	100	15
Pression atmosphérique	481	210	4	1

(bar)				
Etat de l'eau	Supercritique	liquide	liquide	liquide

**Aide :** Placer sur le diagramme d'état de l'eau les différents points du tableau.

Décrire la variation de la pression et de la température à la surface de la Terre au cours du temps.

Identifier l'état de l'eau à chaque âge donné.

A donner uniquement si difficultés

## Activité 1B : L'apparition du dioxygène atmosphérique

Avant de commencer, vous devez savoir : Quelle est l'équation de la photosynthèse ?

**Guide de travail :**

- Quelles sont les premières traces de vie sur Terre et de quand datent-elles ?
- Comment le dioxygène s'est-il accumulé dans les océans et quelles en sont les conséquences ?
- Quand et pourquoi le dioxygène s'est-il accumulé dans l'atmosphère ?
- Quand la concentration actuelle en dioxygène atmosphérique a-t-elle été atteinte ?

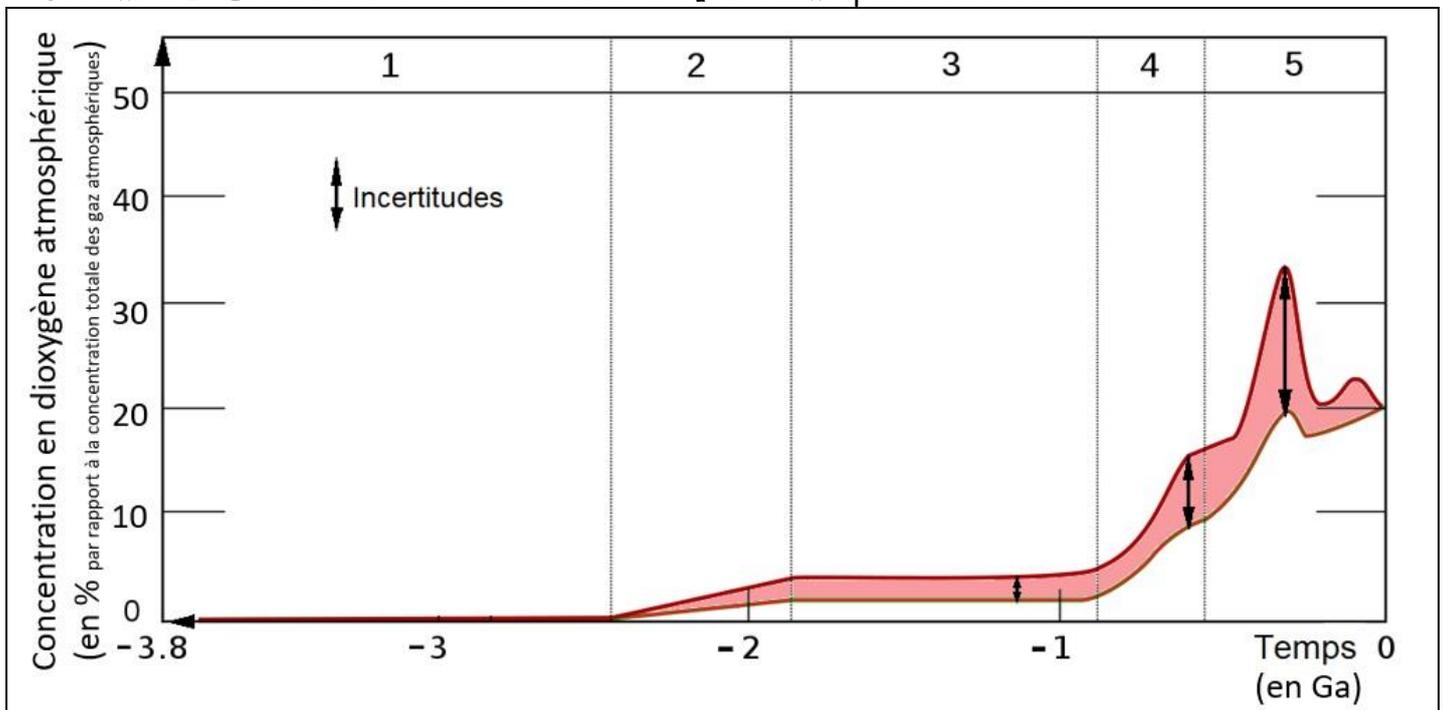
Ressources :

- Définitions

- Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=ErKJv0FmgG4> (10.56 à 14.06)

TOUT COMPRENDRE SUR L'ATMOSPHERE - Dossier #1 - L'Esprit Sorcier

- Document 1 : Evolution de la concentration en O<sub>2</sub> de l'atmosphère terrestre



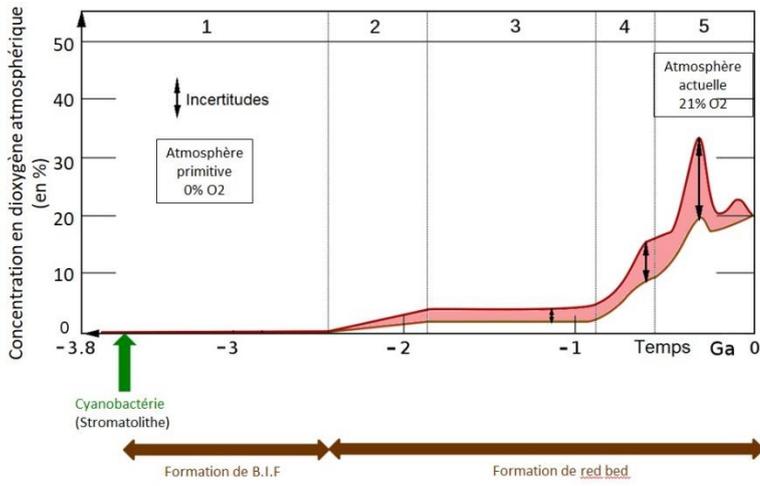
	Entre - 4,5 et - 3,5 Ga	Atmosphère primitive contenant 0% d'O <sub>2</sub> . Pas de production d'O <sub>2</sub> .
1	Entre - 3,5 et - 2,4 Ga	Production d'O <sub>2</sub> (par photosynthèse) piégée dans les océans (fer rubanés).
2	Entre - 2,4 et - 1,9 Ga	Saturation des puits océaniques et début de libération de l'O <sub>2</sub> dans l'atmosphère.
3	Entre - 1,9 et - 0,9 Ga	Les océans dégagent de l'O <sub>2</sub> mais il est piégé par certaines roches (paléosols rouges continentaux) et la constitution de la couche d'ozone.
4	Entre - 0,9 et - 0,5 Ga	Saturation des puits d'O <sub>2</sub> et accumulation d'O <sub>2</sub> dans l'atmosphère
5	Depuis -0,5 Ga	La concentration atmosphérique actuelle (21% d'O <sub>2</sub> ) est atteinte. Quelques variations cependant liée à une fossilisation plus ou moins intense.

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyg%C3%A8ne#/media/Fichier:Oxyg%C3%A9nation\\_de\\_l'atmosph%C3%A8re.svg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyg%C3%A8ne#/media/Fichier:Oxyg%C3%A9nation_de_l'atmosph%C3%A8re.svg)

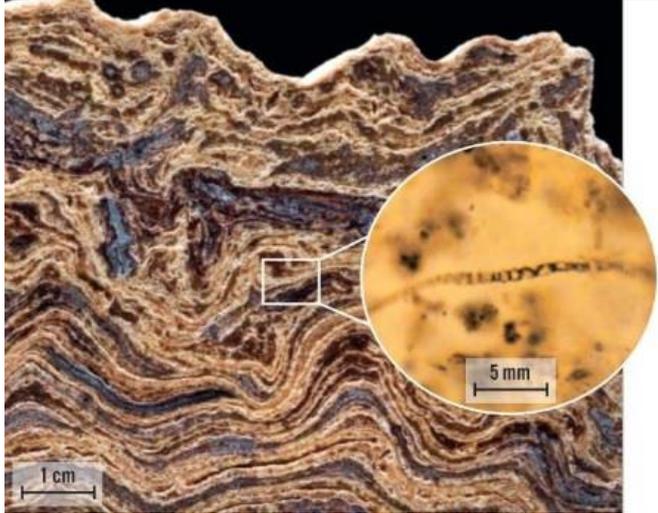
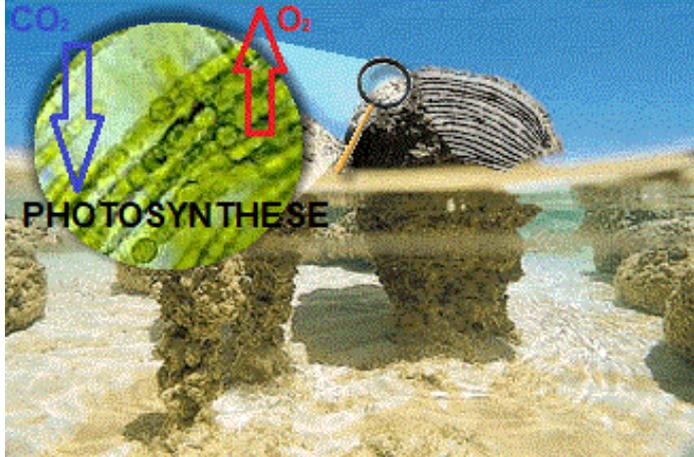
**Aide :** Placer sur le graphique les différentes informations trouvées dans les documents 2 et 3.

A donner uniquement si difficultés

Correction



- Document 2 : Les indices biologiques

Les stromatolithes fossiles	Les stromatolithes actuels
 <p>Coupe dans un stromatolithe fossile et cyanobactéries fossiles observées au microscope optique (grossissement x200).</p> <p>Source : Magnard doc.2 p.18</p>	 <p>Stromatolithes actuels (Australie) et cyanobactéries vivantes observées au microscope optique (grossissement x300).</p> <p>Source : <a href="http://www.evolution-biologique.org/histoire-de-la-vie/monde-bacterien/des-bacteries/les-stromatolites.html">http://www.evolution-biologique.org/histoire-de-la-vie/monde-bacterien/des-bacteries/les-stromatolites.html</a></p>
<p>La formation des stromatolithes est liée à l'activité de Cyanobactérie (couche sombre) dont l'activité photosynthétique* libère du O<sub>2</sub> et consomme du CO<sub>2</sub> (entraînant la précipitation de calcaire*-couche claire-).</p>	
<p>On connaît des stromatolithes fossiles datés de -3,5 Ga qui sont les premières traces de vie trouvées sur Terre.</p>	<p>Les stromatolithes se formant encore actuellement sont rares.</p> <p>Pour en savoir plus : Puna, le chemin des origines  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=RS2y34JTAo">https://www.youtube.com/watch?v=RS2y34JTAo</a></p>

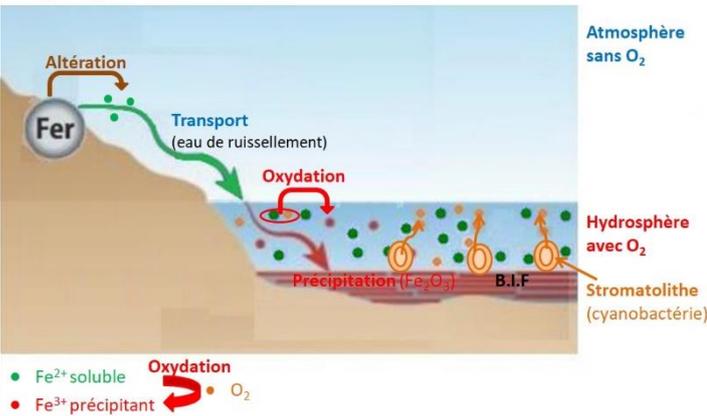
## - Document 3 : Les indices géologiques

Lors de l'altération par l'eau des roches continentales, des ions  $Fe^{2+}$  sont libérés. Dès qu'ils rencontrent des conditions oxydantes (présence d' $O_2$ ), ils s'oxydent en  $Fe^{3+}$  et peuvent précipiter sous forme d'hématite ( $Fe_2O_3$ ).

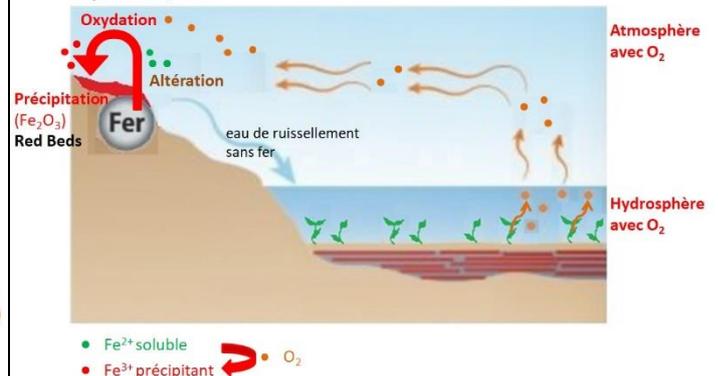
Si l'atmosphère est dépourvue de  $O_2$  les ions  $Fe^{2+}$  sont transportés jusqu'aux océans.

Si l'atmosphère contient de l' $O_2$  les ions  $Fe^{2+}$  s'oxydent directement au niveau des continents.

De -3,5 à -2,2 Ga



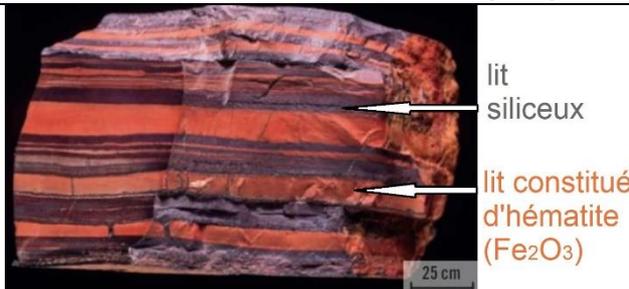
A partir de 2,4 Ga



### Les formations de fers rubanés marins (B.I.F)

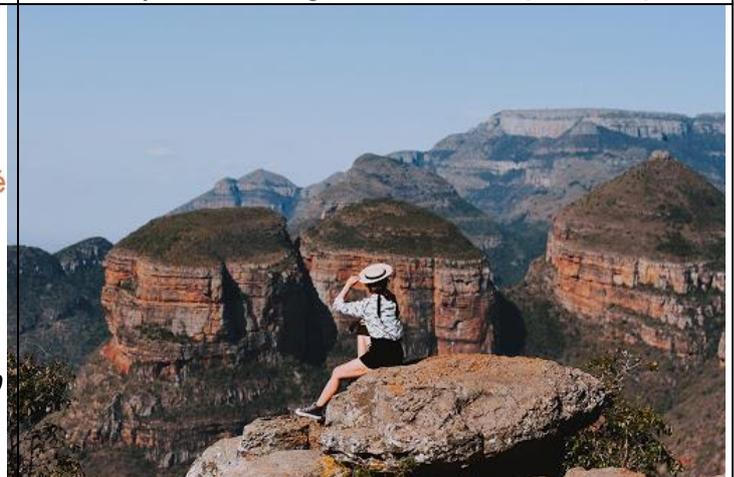
### Les paléolsols rouges continentaux (Red beds)

Photographie



Echantillon de fer rubané (roche sédimentaire\* marine)

Source : Magnard doc.3 p.19



Dépôts sédimentaires continentaux de couleur rouge en raison de la forte teneur en hématite (Blyde River Canyon, Afrique du Sud).

Age

De 2 à 3,5 Ga

Actuel à 2,4 Ga

How banded iron was formed (0.00 à 1.44)

<https://www.youtube.com/watch?v=E8-4IZGgfvY>

## Activité 1C : Le devenir du dioxygène atmosphérique

**Avant de commencer**, vous devez savoir :

Quelle est l'équation de la photosynthèse ?

Quelle est l'équation de la respiration ?

Quelle est l'équation de réaction générale de la combustion complète ?

Quels sont les principaux éléments chimiques constitutifs des êtres vivants ?

Quels sont les rayonnements émis par le soleil ?

**Guide de travail :** - Quelles sont les principales sources de dioxygène atmosphérique ?

- Quelles sont les principaux puits de dioxygène atmosphérique ?

- Comment se forme l'ozone stratosphérique ?

- Où est localisée la couche d'ozone ?

- Quelle est le rôle de la couche d'ozone ?

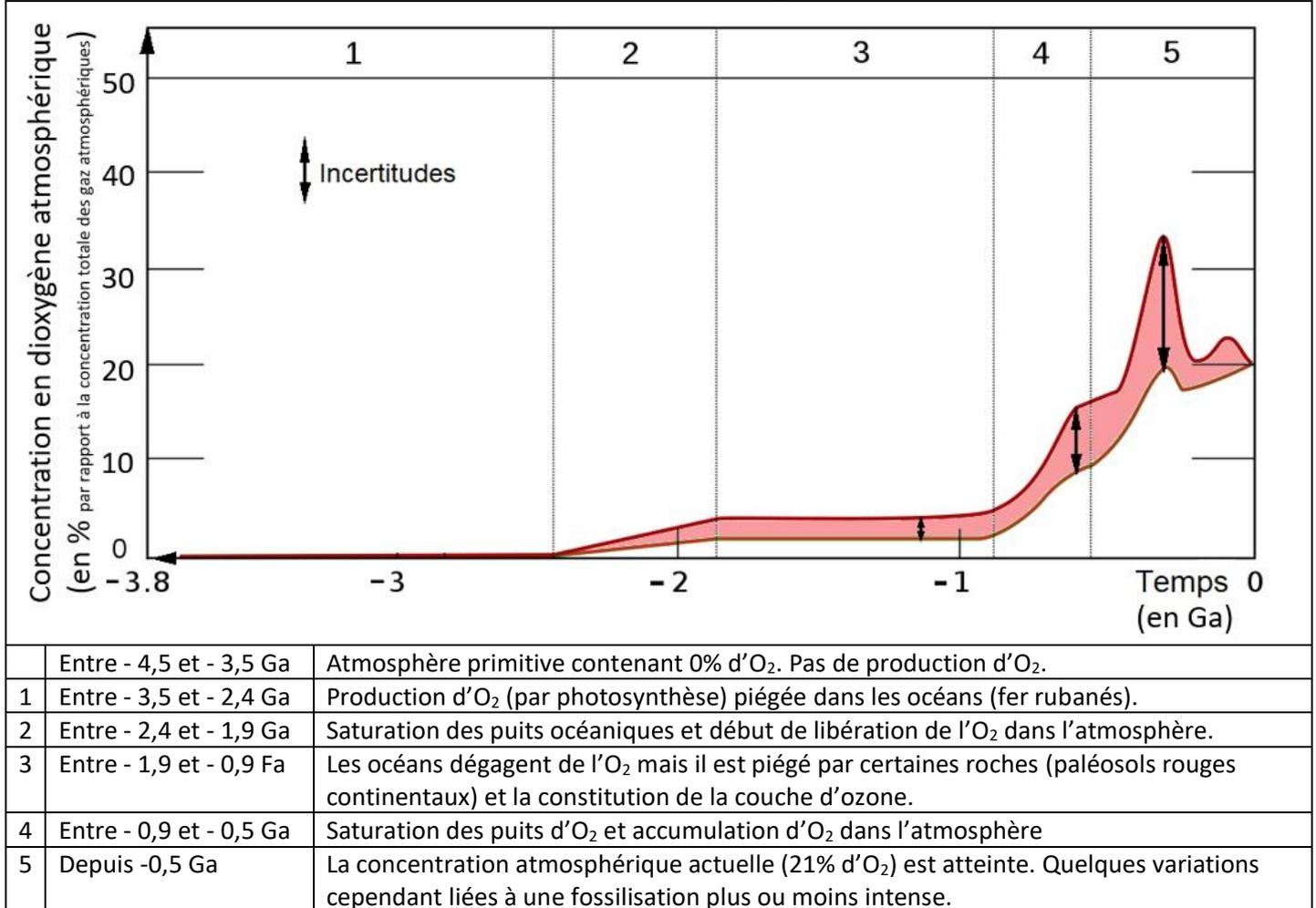
Ressources :

- Définitions

- Vidéo 1 : <https://www.youtube.com/watch?v=ErKJv0FmgG4> (10.56 à 14.06)

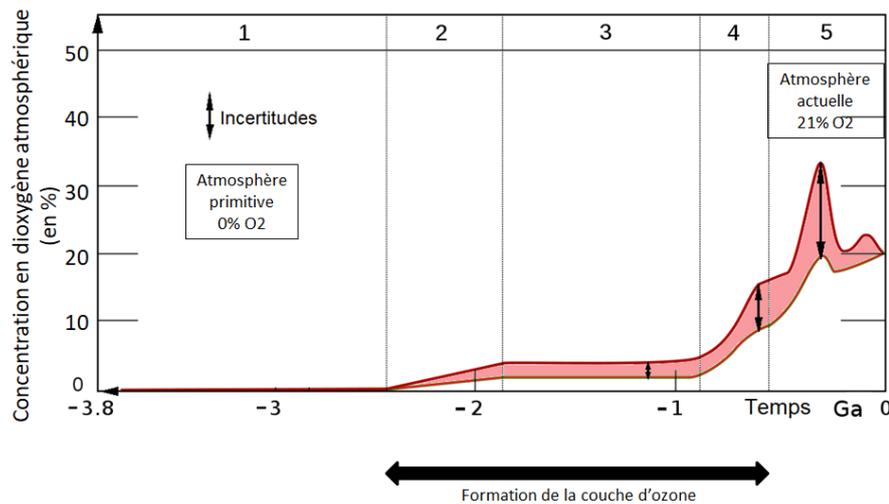
TOUT COMPRENDRE SUR L'ATMOSPHERE - Dossier #1 - L'Esprit Sorcier

- Document 1 : Evolution de la concentration en O<sub>2</sub> de l'atmosphère terrestre

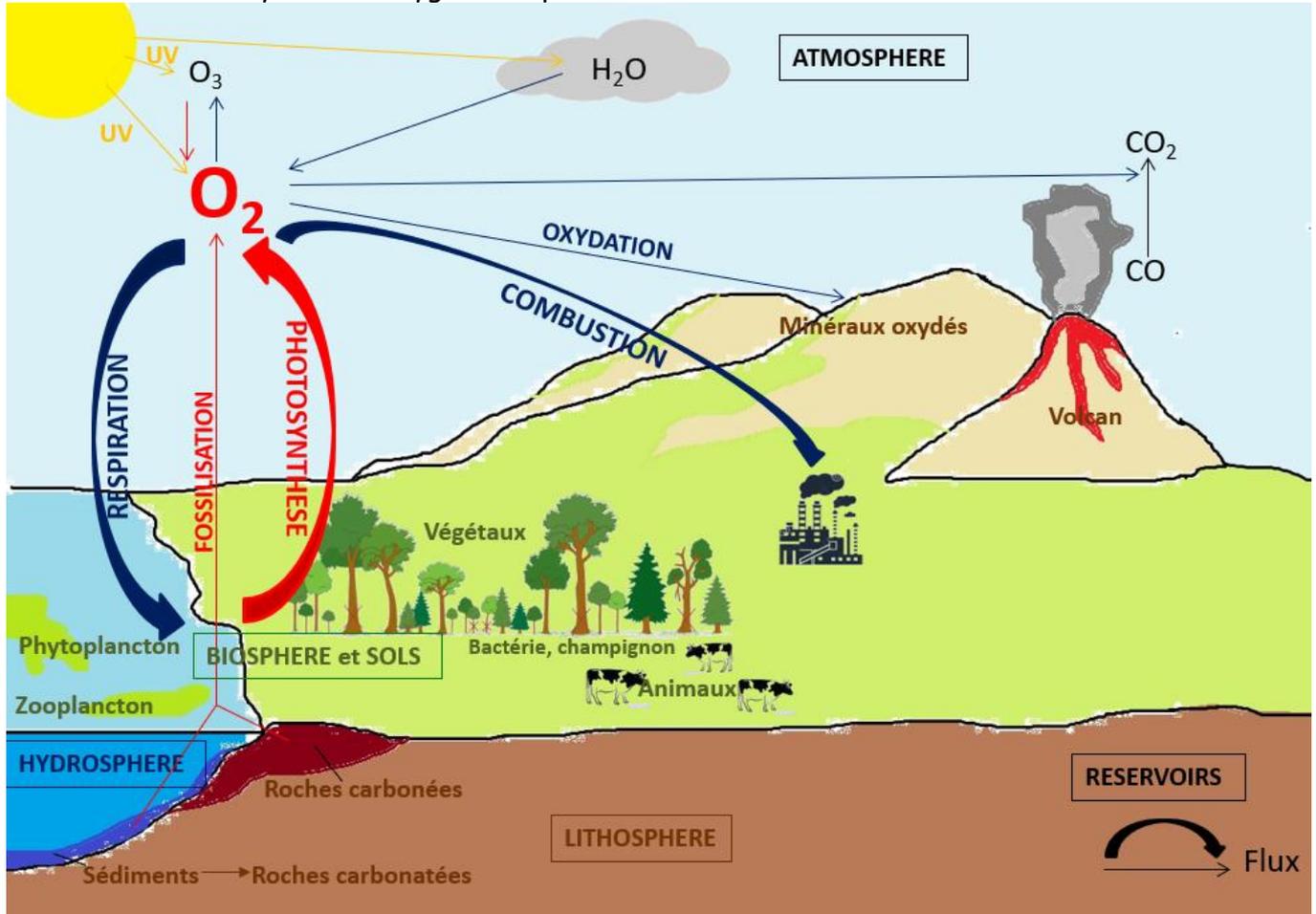


**Aide** : Repérer sur le graphique la formation de la couche d'ozone. **A donner uniquement si difficultés**

Correction



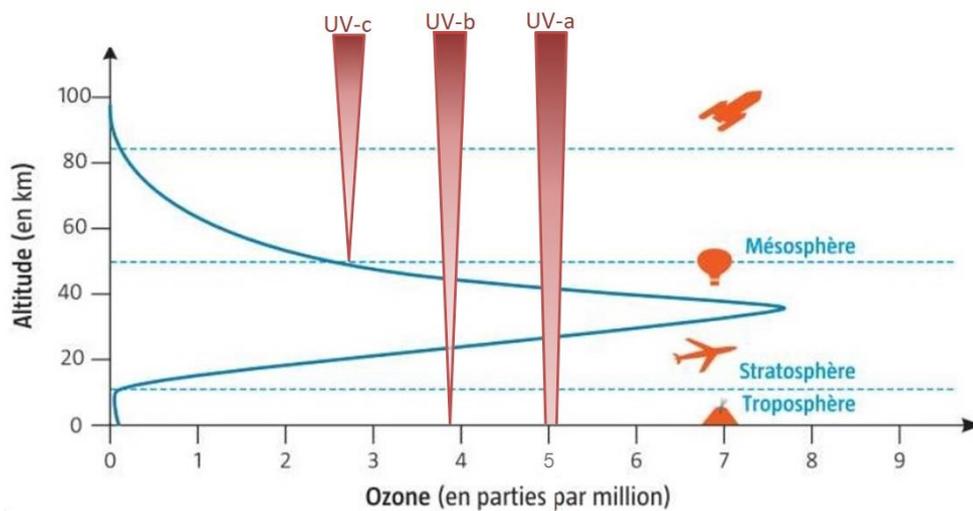
- Document 2 : Le cycle de l'Oxygène simplifié



Vidéo : [https://www.youtube.com/watch?v=47HBFrXKhWs&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=47HBFrXKhWs&feature=emb_logo)

- Document 3 : La couche d'ozone ( $O_3$ ) stratosphérique

Localisation et rôle



Courbe représentative de la concentration de l'ozone en fonction de l'altitude dans l'atmosphère et absorption des rayons UV. *D'après Magnard doc.2 p.20*

Remarque : l'augmentation de l' $O_3$  à la base de la troposphère est due à la pollution.

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=ErKJv0FmgG4> (2.58 à 5.32) TOUT COMPRENDRE SUR L'ATMOSPHERE - Dossier #1 - L'Esprit Sorcier

<p><b>Formation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sous l'impact d'un photon de longueur d'onde inférieure à 240 nm, une molécule de dioxygène se dissocie en deux atomes d'oxygène libres. L'atome d'oxygène s'associe à une molécule de dioxygène pour former une molécule d'ozone.</li> <li>- La molécule d'ozone absorbe le rayonnement UV entre 240 et 320 nm et peut se décomposer en un atome d'oxygène et une molécule de dioxygène.</li> <li>- La quantité d'ozone dans la stratosphère résulte d'un équilibre entre formation et destruction naturelle.</li> </ul>	<p>D'après : <a href="https://www.les-crises.fr/le-trou-de-la-couche-d-ozone/">https://www.les-crises.fr/le-trou-de-la-couche-d-ozone/</a></p>
-------------------------	--	--

- Document 4 : L'action des UV sur les êtres vivants

<p><b>Les mécanismes moléculaires à l'origine des cancers de la peau</b></p>	<p>Source : Hatier doc.4 p.35</p>
--	-----------------------------------

- Les rayons UV émettent dans une gamme de longueur d'ondes comprises entre 100 et 400 nm.
- Ces rayons peuvent être absorbés par l'ADN.
- L'énergie qu'ils apportent entraîne des lésions de l'ADN qui favorisent l'apparition de mutations. Ces mutations peuvent être létales pour la cellule ou provoquer des cancers de la peau.

Source : Magnard doc.3 p.21

Vidéo : [https://www.maxisciences.com/peau/quels-effets-le-soleil-a-t-il-sur-votre-peau\\_art32979.html](https://www.maxisciences.com/peau/quels-effets-le-soleil-a-t-il-sur-votre-peau_art32979.html)

## Activité 1D : Le cycle du carbone

**Avant de commencer**, vous devez savoir :

- Quelle est l'équation de la photosynthèse ?
- Quelle est l'équation de la respiration ?
- Quelle est l'équation de réaction générale de la combustion complète ?
- Quels sont les principaux éléments chimiques constitutifs des êtres vivants ?
- Quels sont les rayonnements émis par le soleil ?
- Comment se forme le charbon ?
- Comment se forme le pétrole ?

- Guide de travail :**
- Qu'est-ce que le cycle du carbone et quels en sont les différents réservoirs ?
  - A quelle condition et quand la teneur atmosphérique en dioxyde de carbone est stable ?
  - Quand et comment se sont formés les combustibles fossiles ?
  - Pourquoi les qualifie-t-on d'énergie non-renouvelable ?





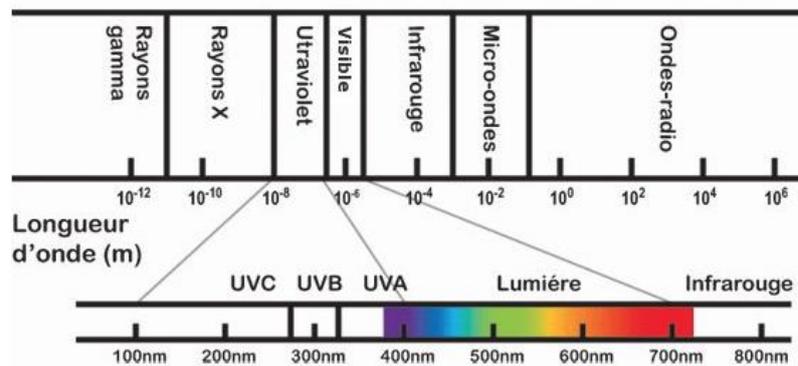
l'[hydrosphère](#) et la [biosphère](#).

**Source** : Réservoir permettant la libération d'un élément chimique.

**Stratosphère** : couche atmosphérique comprise entre 15 et 40 km d'altitude dans laquelle la température augmente avec l'altitude et qui contient la couche d'ozone.

**Stromatolithe** : bioconstruction calcaire permise par la photosynthèse des cyanobactéries

**Spectre rayonnement solaire** :



## Activité 2 : J'explique mon travail

Faire un tour de table où chaque expert explique, sur son tableau, le contenu de son essentiel de cours aux autres membres de son équipe.

Les non-experts prennent des notes (qu'ils pourront éventuellement garder pour l'activité 3) et posent des questions.

## Activité 3 diagnostic : Je vérifie ma compréhension

- Peut être réalisé sous forme numérique (exercice ENT)

- Peut être réalisé en gardant ou pas leurs notes prises précédemment.

**Améliorations** : - Peut-être qu'il serait plus judicieux de poser quelques questions de compréhension plutôt qu'un texte à trous à compléter.

A l'aide des informations récoltées précédemment et des explications obtenues, compléter le texte ci-dessous avec certains mots de la liste proposée.

### La formation de l'atmosphère terrestre

- Il y a environ 4,6 Ga, la Terre se forme et une atmosphère primitive l'enveloppe suite au dégazage des volcans.

Composition	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Atmosphère primitive (%)	5	15	80	0	Traces
Atmosphère actuelle (%)	78	Traces	Traces	21	Traces

### La formation de l'hydrosphère terrestre

- Depuis sa formation, la température de surface et la pression atmosphérique de la Terre ont diminué.

- A partir de -4,4 Ga, ces conditions de température et de pression permettent la liquéfaction de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale : l'hydrosphère s'est formée.

- La vie s'est développée dans l'hydrosphère.

### La formation du dioxygène atmosphérique

- Les premières traces de vie (cyanobactérie dans les stromatolites) sont datées d'il y a au moins 3,5 milliards d'années. Elles sont à l'origine de la production du dioxygène dans les océans grâce à la photosynthèse (production de matière organique libérant du dioxygène grâce à la lumière du soleil à partir de dioxyde de carbone et d'eau).

- Entre -3,5 et -2,4 Ga, ce dioxygène reste dans l'océan et permet l'oxydation des ions fer II en ions fer III (précipitant sous forme de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dans les fers rubanés).

- A partir de -2,4 Ga (une fois que tous les ions Fe<sup>2+</sup> ont été oxydés), le dioxygène passe de l'hydrosphère vers l'atmosphère (formant les paléosols rouges) jusqu'à atteindre sa concentration atmosphérique actuelle de 21% (depuis 0,5 Ga environ).

## Le devenir du dioxygène atmosphérique

### **Le cycle de l'oxygène**

- Les sources de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liées aux végétaux (**photosynthèse**).
- Les puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liés aux êtres vivants (**respiration**) et aux activités anthropiques (**combustion**-usine, incendies...-).

### **La couche d'ozone**

- Au niveau de la stratosphère (à une altitude d'environ **30 km** essentiellement), l'ozone se forme à partir du **dioxygène** sous l'action des rayonnements **UV solaire**.
- La couche d'ozone **absorbe** une partie du rayonnement UV du soleil (UVc 100%, UVb 95%, UVa 65%) et **protège** ainsi les êtres vivants de ses **effets mutagènes**.

### Le cycle du carbone

- Le cycle du carbone sur terre se définit par l'ensemble des **flux** de carbone entre les 4 principaux **réservoirs** où le carbone est stocké (l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère -et les sols- et la lithosphère).
- Les quantités de carbone dans les différents réservoirs sont constantes lorsque les **flux** (échanges entre les réservoirs en tonne/an) sont équilibrés. Le cycle est alors stable (ex : avant la **révolution industrielle**)
- L'activité humaine **déséquilibre** ce cycle en libérant brutalement du **CO<sub>2</sub>** dans l'atmosphère (combustion des combustibles fossiles, déforestation...)
- Les combustibles fossiles se sont formés à partir du **carbone** des êtres vivants (par accumulation de végétaux recouverts de sédiments -et donc privé de dioxygène- soit au fond de la mer pour le **pétrole** et le gaz naturel ou alors dans des marais pour le **charbon**), il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de **millions** d'années.
- Les combustibles fossiles ne se renouvellent pas suffisamment vite (temps de formation = dizaine à centaine de Ma) pour que les stocks se reconstituent (au vu de l'intense consommation faite par l'Homme) : ces ressources en énergie sont dites **non renouvelables**.

Mots à placer : 4,6 ; 0 ; 4,4 ; 3,5 ; 2,4 ; 0,5 ; 30

au dégazage des volcans

température ; liquéfaction ; vie ; cyanobactérie ; photosynthèse ; photosynthèse ; respiration ; combustion ;

révolution industrielle

diminué

hydrosphère ; oxydation ; atmosphère

dioxygène ; dioxygène ; CO<sub>2</sub> ; carbone

fers rubanés ; paléosols rouges ; effets mutagènes ; flux ; réservoirs ; flux

UV solaire

Absorbe ; protège ; déséquilibre ; se forme

millions

pétrole ; charbon.

non renouvelables

Mots inutiles : au bombardement des météorites ; augmenté ; IR solaire ; UV terrestre ; IR terrestre ; milliards ; milliers ; renouvelables

## **Activité 4 : Je conçois mon QCM**

Réaliser un QCM de test de connaissances de 3 à 5 questions sur l'ensemble du cours de la partie « l'atmosphère et la vie ».

Vous ferez 4 propositions de réponse pour chaque question dont une seule sera exacte.

Vos questions/réponses seront écrites sur votre tableau ET rédiger sur un post-it du mur collaboratif (noms des membres de l'équipe + questions/réponses + préciser la bonne réponse attendue).

### **Grille d'auto-évaluation possible (à utiliser en fonction des objectifs)**

- Les grilles d'auto-évaluation peuvent avoir différents usages et nécessite d'être adaptée à l'objectif de l'enseignant. Elle peut par exemple servir pour une évaluation individuelle de son propre travail (en ménageant un temps de réflexion individuel dédié par exemple en fin de séance 1 ou avant ou après l'évaluation diagnostique) ; elle peut se faire en équipe afin d'analyser le travail d'équipe réalisé et de rechercher des améliorations pour la prochaine fois (ce temps de réflexion peut par exemple être envisagé en équipe en fin de séance 2 ou 3).

### Plutôt pour l'activité 1

Compétences	Très satisfaisant	Satisfaisant	Insuffisant
Utilisation et exploitation des ressources			
Clarté des réponses			
Utilisation du vocabulaire scientifique adapté			
Contenu des réponses			
Implication dans le groupe			

### Plutôt pour l'activité 2

Compétences	Très satisfaisant	Satisfaisant	Insuffisant
Qualité de la mutualisation			
Clarté des réponses des experts			
Qualité d'apprentissage des non-experts			
Utilisation du vocabulaire scientifique adapté			
Implication dans le groupe			

### Plutôt pour l'activité 4

Compétences	Très satisfaisant	Satisfaisant	Insuffisant
Qualité de la mutualisation			
Clarté des questions/réponses			
Utilisation du vocabulaire scientifique adapté			
Contenu des questions/réponses			
Implication dans le groupe			

## Exemple 2 : La complexité du système climatique

**Améliorations :** - Le guide de travail est peut-être trop guidé. Peut-être le fournir seulement en cas de besoin ou uniquement après la phase de réflexion individuelle ou seulement aux élèves qui ne font pas de spé scientifiques ou seulement aux élèves les plus en difficultés.

- Les ressources fournies sont peut-être à modifier.

Après avoir pris connaissance des ressources fournies, rédiger quelques phrases de cours à retenir sur votre sujet et compléter le schéma fourni. Vous devrez être en mesure de les expliquer au reste de votre équipe.

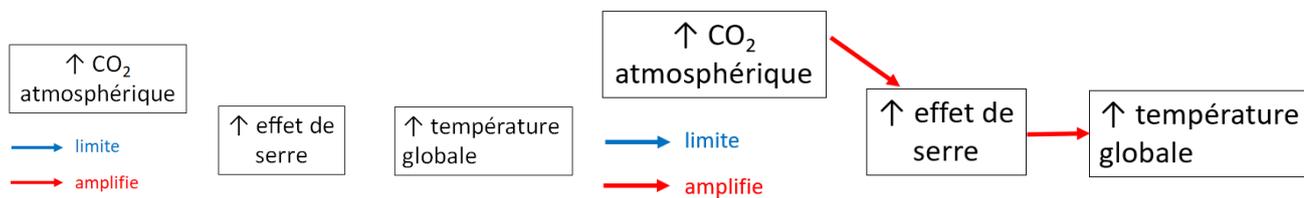
### Activité 1A : La distinction entre météorologie et climatologie ; la variabilité du climat

Avant de commencer, vous devez savoir : Qu'est-ce que l'effet de serre ?

**Guide de travail :**

- Quelles sont les différences entre climatologie et météorologie ?
- Quelles sont les 6 principales grandeurs atmosphériques mesurées pour étudier le climat et la météo ?
- Comment ses grandeurs sont-elles mesurées ?
- Quel est la grandeur la plus étudiée comme indicateur du climat global ?
- Quel sont les autres indicateurs de la variabilité actuelle et passée du climat ?
- Que constatez-vous concernant la variation du CO<sub>2</sub> atmosphérique depuis plusieurs centaines de milliers d'années et quel lien pouvez-vous faire avec le réchauffement climatique ?

Schéma à compléter et correction :



Ressources :

<p>- Vidéo 1 : bulletin météo  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=KNWP9ealzKk&amp;list=PLDyTwwj17Mj2s-VMQq-Ty5BZulc8QLreR&amp;index=8&amp;t=0s">https://www.youtube.com/watch?v=KNWP9ealzKk&amp;list=PLDyTwwj17Mj2s-VMQq-Ty5BZulc8QLreR&amp;index=8&amp;t=0s</a></p>	
<p>- Vidéo 2 : la différence entre climat et météo  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=3FelmjN7fxw">https://www.youtube.com/watch?v=3FelmjN7fxw</a></p>	
<p>- Vidéo 3 : History of atmospheric CO2, from 800,000 years ago until January 2019.  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=1ZQG59_z83I">https://www.youtube.com/watch?v=1ZQG59_z83I</a></p>	

- Document 1 : Les outils de mesure



Source : Magnard p.34

- Document 2 : Les indicateurs climatiques indirects

 	 
<p><a href="https://www.dailymotion.com/video/x7s0fbq">https://www.dailymotion.com/video/x7s0fbq</a></p>	<p><a href="https://www.dailymotion.com/video/x7bvn19">https://www.dailymotion.com/video/x7bvn19</a></p>

			
<a href="https://www.youtube.com/watch?v=PrhKv6iMFq8&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=PrhKv6iMFq8&amp;feature=emb_logo</a>	<a href="https://www.reponse-conso.fr/changement-climatique-des-vendanges-de-plus-en-plus-precoces/">https://www.reponse-conso.fr/changement-climatique-des-vendanges-de-plus-en-plus-precoces/</a>		

Autre idée : <https://www.inrap.fr/les-sciences-de-l-archeologie/La-palynologie>  
<https://player.vimeo.com/video/57125768>

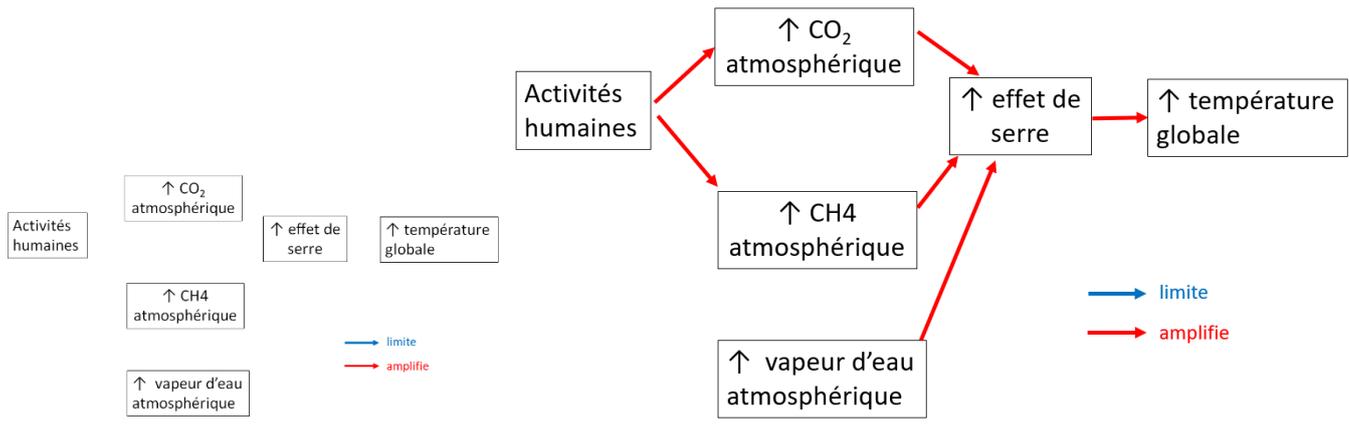
## Activité 1B : L'origine du changement climatique actuel

Avant de commencer, vous devez savoir : Qu'est-ce que l'effet de serre ?  
 Qu'est ce que le bilan radiatif terrestre ?

**Guide de travail :**

- Quels sont les principaux gaz à effet de serre et comment agissent-ils ?
- Depuis quand mesure-t-on un réchauffement climatique global et de combien est-il ?
- A quoi est-il du (introduire la notion de forçage radiatif) ?
- Quelle différence entre le bilan radiatif terrestre à l'ère préindustriel et l'actuel ?

Schéma à compléter et correction :



Ressources :

<p>- <b>Vidéo 1</b> : Berkeley Earth's Global Warming Movie for 2018  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=JObGveVUz7k&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=JObGveVUz7k&amp;feature=emb_logo</a></p>	
<p>- <b>Vidéo 2</b> : Qu'est-ce que le réchauffement climatique  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=V2cqe7W91FQ">https://www.youtube.com/watch?v=V2cqe7W91FQ</a></p>	

- **Vidéo 3** : History of atmospheric CO2, from 800,000 years ago until January 2019.

[https://www.youtube.com/watch?v=1ZQG59\\_z83I](https://www.youtube.com/watch?v=1ZQG59_z83I)

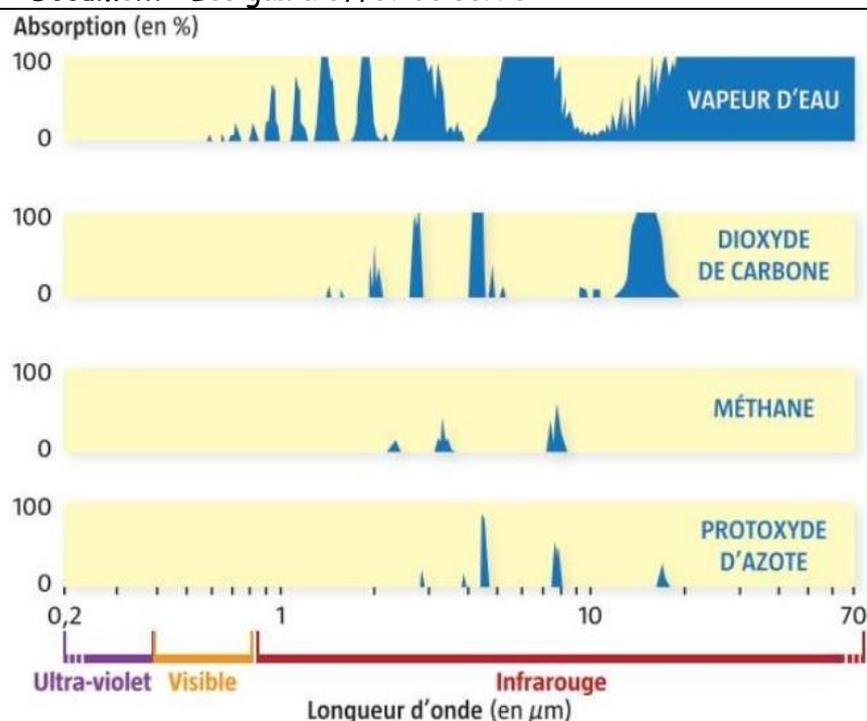


- **Définition** : forçage radiatif

[https://fr.wikipedia.org/wiki/For%C3%A7age\\_radiatif](https://fr.wikipedia.org/wiki/For%C3%A7age_radiatif)



- **Document** : Les gaz à effet de serre



<https://climat.be/changements-climatiques/causes/gaz-a-effet-de-serre>



← Pouvoir d'absorption des principaux gaz à effet de serre

Source : Magnard 39

## Activité 1C : L'absorption de la puissance radiative additionnelle par la Terre

**Avant de commencer**, vous devez savoir : Qu'est-ce que l'effet de serre ?

**Guide de travail** : - Où est stockée l'énergie supplémentaire reçue sur Terre en raison de l'augmentation de l'effet de serre ?

- Quelle est la conséquence de ce stockage sur la température moyenne à la surface de la Terre ?

- Quelle est la conséquence de ce stockage sur le niveau des océans et pourquoi ?

- Pourquoi ce stockage rend irréversible le changement climatique pour les siècles

à venir ?



des hautes latitudes. Ce stockage d'énergie thermique a de nombreuses conséquences, par exemple sur la montée des eaux (l'océan se réchauffant se dilate et donc son volume augmente) et sur la circulation des courants océaniques. Comme l'océan est doté d'une inertie thermique importante et d'une dynamique plus lente que l'atmosphère, il mémorise plus longtemps les perturbations qui l'affectent. Ainsi, l'accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles. »

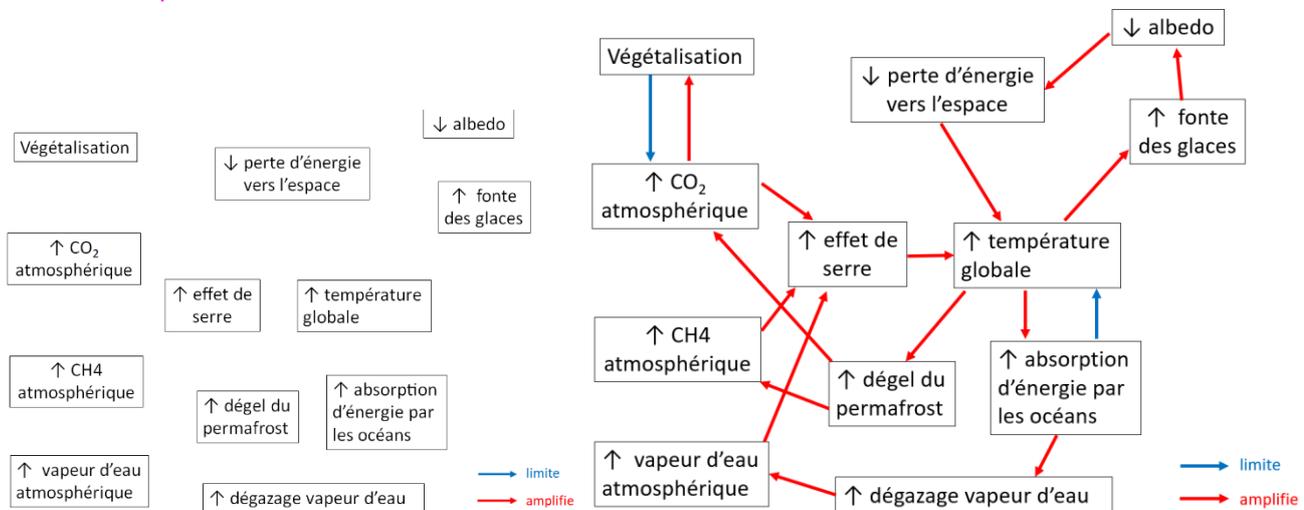
## Activité 1D : Les rétroactions sur le système climatique

Avant de commencer, vous devez savoir : Qu'est-ce que l'albedo ?

**Guide de travail :**

- Qu'est-ce qu'une boucle rétroactive (ou rétroaction) ?
- Indiquer des phénomènes amplificateurs (3 attendus) du réchauffement climatique (rétroaction positive) et comment ils agissent.
- Indiquer des phénomènes stabilisateurs/amortisseur du réchauffement climatique (rétroaction négative) et comment ils agissent ?

Schéma à compléter et correction :



Ressources :

- Vidéo 1 : Qu'est-ce que le réchauffement climatique

<https://www.youtube.com/watch?v=V2cqe7W91FQ>



- Vidéo 2 : La fonte du permafrost

[https://www.youtube.com/watch?v=othd0BzpnQI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=othd0BzpnQI&feature=emb_logo) (jusqu'à 3min06)



Autre vidéo possible : <https://www.youtube.com/watch?v=0E8QAV0-UY>

- Document 1 : Le stockage de l'énergie supplémentaire et le réchauffement des océans.

« Les océans ont absorbé la plus grande partie de la chaleur ajoutée au système climatique : entre 1971 et 2010, les océans ont absorbé 93 % du surplus d'énergie engendré par le réchauffement climatique.

Ainsi, la température de l'eau se réchauffe augmentant l'évaporation. En fonction du scénario retenu, une élévation de la température de l'eau de mer de 2,5 °C à 3,5 °C est prévue d'ici 2100 pour la Mer du Nord par exemple »

Modifié à partir de : <https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/océans>

- Document 2 : Les gaz à effet de serre

« Gaz à effet de serre naturels

1. La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O)

- le plus important des gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère.
- est créé par l'évaporation de l'eau présente à la surface de la Terre. »

Extrait de : <https://climat.be/changements-climatiques/causes/gaz-a-effet-de-serre>

- Document 3 : La fonte des glaces et l'albedo.

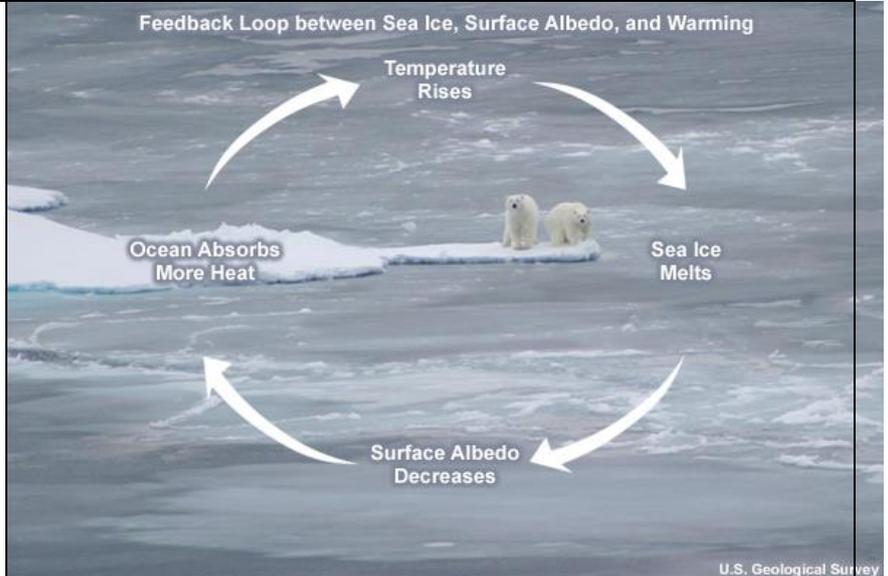
L'évolution de la fonte en arctique de 1984 à 2019 :

[https://www.youtube.com/watch?v=55yvtHU-IRI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=55yvtHU-IRI&feature=emb_logo)



L'augmentation des températures à la surface de la terre a inévitablement comme effet de provoquer la fonte de la glace. Or, celle-ci de couleur blanche, réfléchit une bonne part du rayonnement solaire. C'est ce qu'on appelle l'albédo (capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement reçu). La disparition de la glace, diminue donc l'albédo : une part plus faible du rayonnement solaire est renvoyée vers l'espace, le réchauffement et la fonte sont accentués. La disparition progressive de la banquise a des conséquences qui alimentent sa cause : c'est ce qu'on appelle une boucle de rétroaction positive.

Modifié depuis : <https://lemondeetnous.cafe-sciences.org/2013/11/quand-la-banquise-flotte-derive-et-fond/>



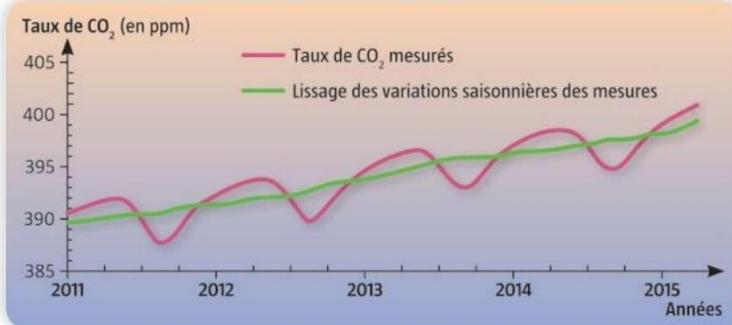
U.S. Geological Survey

**Valeur de l'albédo pour quelques surfaces terrestres.**

La réflexion est totale quand l'albédo vaut 1.

Type de surface	Glace	Océan	Forêt	Moyenne terrestre
Albedo	0,6	0,05-0,1	0,05-0,2	0,3

- Document 4 : L'effet régulateur de la végétation.



- Les surfaces recouvertes par les végétaux dans l'hémisphère Nord sont plus importantes que celles de l'hémisphère Sud. De ce fait, l'été dans l'hémisphère Nord s'accompagne d'une baisse mondiale du taux de CO<sub>2</sub> émis par rapport à la moyenne annuelle. Ceci est dû à l'absorption du dioxyde de carbone au cours de la photosynthèse.

Variations mensuelles de la concentration atmosphérique mondiale en dioxyde de carbone.

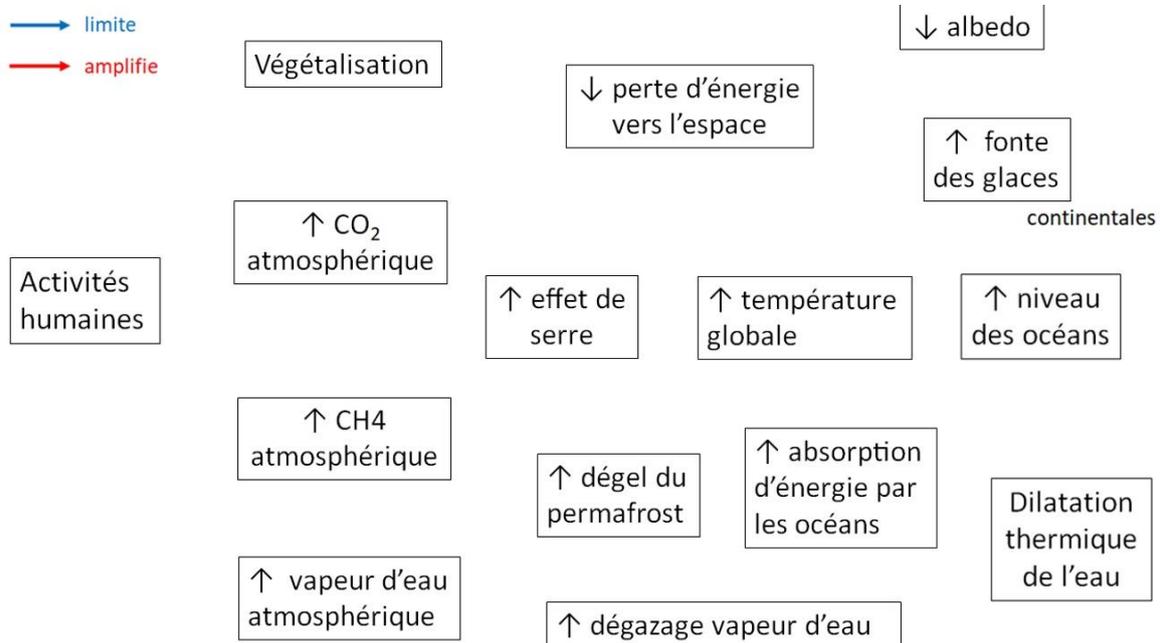
Source : Magnard p.40

**Activité 2 : J'explique mon travail**

Faire un tour de table où chaque expert explique, sur son tableau, le contenu de son essentiel de cours aux autres membres de son équipe.

Les non-experts prennent des notes (qu'ils pourront éventuellement garder pour l'activité 3) et posent des questions.

Compléter ensemble le schéma bilan du système climatique.



### Activité 3 diagnostic : Je vérifie ma compréhension

- Peut être réalisé sous forme numérique (exercice ENT)
- Peut être réalisé en gardant ou pas leurs notes prises précédemment.

**Améliorations :** - Peut-être qu'il serait plus judicieux de poser quelques questions de compréhension plutôt qu'un texte à trous à compléter.

A l'aide des informations récoltées précédemment et des explications obtenues, compléter le texte ci-dessous avec certains mots de la liste proposée.

#### Météorologie et climatologie

- La **météorologie** étudie les phénomènes atmosphériques sur un **court terme** (jours, semaines) en mesurant les **grandeurs atmosphériques\*** en un lieu et à un instant donné et afin de prévoir leur évolution pour les prochains jours.

- La **climatologie** étudie les variations passées et futures du climat **local ou global** à **long terme** (décennies à millénaires) en utilisant les **moyennes** des grandeurs atmosphériques\* mesurées sur une longue période (**30 ans** en général).

\*température, **pression**, degré d'hygrométrie, pluviométrie, nébulosité, vitesse et direction des vents.

#### Le climat global de la Terre et ses variations

- La **température moyenne** de la Terre est l'un des **indicateurs** du climat global. Il en existe d'autres : volume des **océans**, étendue des **glaces** et des **glaciers**, étude des **grains de pollens** fossiles, date des **vendanges**...

- Ces indicateurs permettent de reconstituer les variations climatiques passées et d'observer que le climat de la terre présente une **variabilité naturelle sur différentes échelles de temps** (de la centaine d'années à la centaine de millions d'années).

- Ces indicateurs montrent également que depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du **CO<sub>2</sub> atmosphérique** n'a **augmenté** aussi rapidement qu'actuellement.

Mots à placer (7) : **météorologie** ; **climatologie** ; **pression** ; **température** ; **grains de pollens** ; **vendanges** ; **CO<sub>2</sub>**.

Mots inutiles : dinosaures ; anniversaires ; jours fériés ; O<sub>2</sub> ; H<sub>2</sub>O

#### L'origine du changement climatique actuel

- Depuis un siècle et demi, on mesure un **réchauffement** climatique global (environ **+1°C**). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du **forçage radiatif\*** due aux **émissions** de gaz à effet de serre (**GES**) dans l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle.

\* différence entre l'énergie radiative **reçue** et l'énergie radiative **émise**.

- Cette augmentation des émissions de gaz à effet de serre est liée aux activités humaines (**combustion** d'énergie fossile, élevage intensif ...)

- Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et la vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
  - Les GES de l'atmosphère absorbent le rayonnement **infrarouge** émis par la surface de la terre et le réémettent dans toutes les directions. Lorsque la concentration des GES augmente, le rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre est davantage absorbé. En retour, il en résulte une **augmentation** de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère.
  - Cette **puissance additionnelle** entraîne une **perturbation de l'équilibre radiatif** qui existait à l'ère préindustrielle, se traduisant notamment par une **augmentation** de la température atmosphérique.
- Mots à placer (12) : +1 ; émissions ; reçue ; émise ; combustion ;  $\text{CO}_2$  ;  $\text{CH}_4$  ;  $\text{H}_2\text{O}$  ; infrarouge ; augmentation ; perturbation ; augmentation
- Mots inutiles : -1 ; +2 ; pollutions ; pollution ;  $\text{NH}_4$  ; ultraviolet ; visible ; diminution

### L'absorption de la puissance radiative additionnelle par la Terre

- L'énergie supplémentaire associée à l'augmentation du forçage radiatif est essentiellement **stockée** par les **océans**, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une **augmentation de la température** moyenne à la surface de la Terre.
  - Il en résulte une **élévation du niveau de la mer** causée par la **dilatation thermique** de l'eau et la **fonte des glaces continentales**.
  - En raison de la capacité thermique de l'eau (4 fois plus grande que celle de l'air), l'océan a un rôle **amortisseur** : il absorbe 90% de la puissance radiative additionnelle mais cela rend le changement climatique **irréversible** à des échelles de temps de plusieurs siècles.
- Mots à placer (6) : océans ; augmentation ; dilatation ; continentales ; amortisseur ; irréversible
- Mots inutiles : forêts, diminution, compression ; océaniques ; amplificateur ; réversible.

### Les rétroactions sur le système climatique

- Une **rétroaction climatique** est lorsqu'un phénomène a une action en retour sur le processus l'ayant engendré.
  - L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (**rétroaction positive**) :
    - \* l'**augmentation** de la concentration en **vapeur d'eau** (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère ;
    - \* la décroissance de la surface couverte par les **glaces** entraînant une **diminution** de l'albédo terrestre ;
    - \* le dégel partiel du **permafrost** provoquant une **libération** de GES dans l'atmosphère.
  - À court terme, un accroissement de la **végétalisation** constitue un puits de  $\text{CO}_2$  et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).
- Mots à placer (5) : positive ; augmentation ; diminution ; libération ; végétalisation
- Mots inutiles : négative, population, augmentation, pollution

## Activité 4 : Je conçois mon QCM

Réaliser un QCM de test de connaissances de 3 à 5 questions sur l'ensemble du cours de la partie « la complexité du système climatique ».

Vous ferez 4 propositions de réponse pour chaque question dont une seule sera exacte.

Vos questions/réponses seront écrites sur votre tableau ET rédigé sur un post-it du mur collaboratif (noms des membres de l'équipe + questions/réponses + préciser la bonne réponse attendue).

### Grille d'auto-évaluation possible (à utiliser en fonction des objectifs)

- Les grilles d'auto-évaluation peuvent avoir différents usages et nécessite d'être adaptée à l'objectif de l'enseignant. Elle peut par exemple servir pour une évaluation individuelle de son propre travail (en ménageant un temps de réflexion individuel dédié par exemple en fin de séance 1 ou avant ou après l'évaluation diagnostic) ; elle peut se faire en équipe afin d'analyser le travail d'équipe réalisé et de rechercher des améliorations pour la prochaine fois (ce temps de réflexion peut par exemple être envisagé en équipe en fin de séance 2 ou 3).

#### Plutôt pour l'activité 1

Compétences	Très satisfaisant	Satisfaisant	Insuffisant
Utilisation et exploitation des ressources			

<b>Clarté des réponses</b>			
<b>Utilisation du vocabulaire scientifique adapté</b>			
<b>Contenu des réponses</b>			
<b>Implication dans le groupe</b>			

**Plutôt pour l'activité 2**

<b>Compétences</b>	<b>Très satisfaisant</b>	<b>Satisfaisant</b>	<b>Insuffisant</b>
<b>Qualité de la mutualisation</b>			
<b>Clarté des réponses des experts</b>			
<b>Qualité d'apprentissage des non-experts</b>			
<b>Utilisation du vocabulaire scientifique adapté</b>			
<b>Implication dans le groupe</b>			

**Plutôt pour l'activité 4**

<b>Compétences</b>	<b>Très satisfaisant</b>	<b>Satisfaisant</b>	<b>Insuffisant</b>
<b>Qualité de la mutualisation</b>			
<b>Clarté des questions/réponses</b>			
<b>Utilisation du vocabulaire scientifique adapté</b>			
<b>Contenu des questions/réponses</b>			
<b>Implication dans le groupe</b>			