

THEME 1 : SCIENCES, CLIMAT ET SOCIETE :

Introduction :

Logiciel : Energie et enveloppe externe

Vidéo : La Terre dans l'Univers.

Les planètes du système solaire.

ACDSEE : Adaptation aux changements climatiques

Effets changements climatique 2050-2100

Variabilité climatique

Du fait de **l'inclinaison de la Terre**, l'énergie solaire est inégalement répartie à la surface du globe. Hydrosphère et atmosphère (enveloppes externes fluides) sont d'autant plus animées que les différences de température sont marquées (vents, courants marins...). Ces enveloppes interagissent constamment avec la biosphère et la géosphère.

Au cours des 4,6 Ga d'années de l'histoire de la Terre, l'atmosphère s'est transformée suivant des processus géologiques et biologiques.

Depuis 1900, début de l'industrialisation, l'activité humaine a modifié de manière significative sa composition chimique. Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre. Les conséquences sur l'activité humaine, sa santé et celle des écosystèmes sont importantes. Des choix raisonnés des individus et des sociétés doivent s'appuyer sur les apports des sciences et des technologies.

1A DE L'ATMOSPHERE PRIMITIVE A L'ATMOSPHERE ACTUELLE :

La Terre planète tellurique se distingue par l'originalité de son atmosphère qui possède de l'**O₂**. L'atmosphère primitive a donc nécessairement évolué.

Vidéo « Voyage aux origines de la Terre »

1) La formation de l'atmosphère primitive :

a) Le dégazage volcanique et météoritique :

Powerpoint : Bilan évolution de l'atmosphère terrestre.

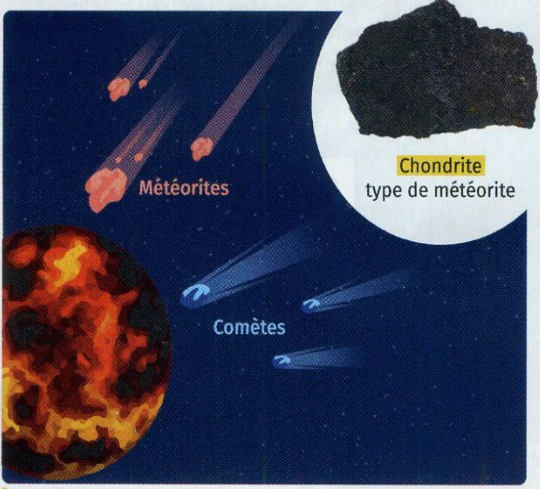
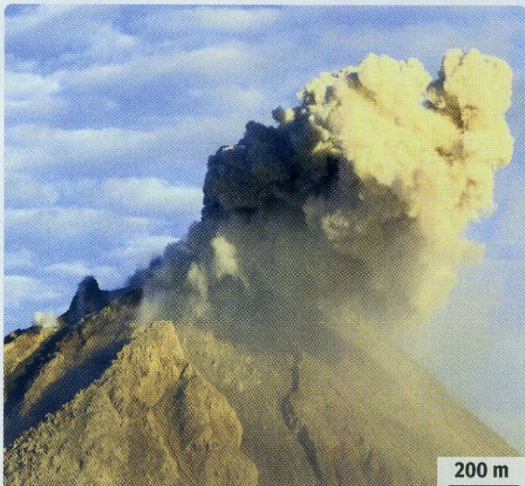
On a montré, en analysant certains gaz rares de l'atmosphère actuelle, que l'atmosphère primitive s'est formée par **dégazage volcanique** du manteau et par dégazage météoritique.

Après différenciation par accréation de la « Terre magmatique » vers **4,4 Ga** (1 Ga = 1 Ma milliard), le **dégazage volcanique** a libéré suffisamment de gaz pour former une **atmosphère primitive**. L'étude des gaz volcaniques et des

météorites (contemporaines de la formation du système solaire) montre que cette atmosphère primitive était **réductrice**, riche en eau, CO₂, H₂S et N₂ mais dépourvue d'O₂. Ce dégazage a été intense pendant au moins 100 Ma.

On estime à **1000 tonnes** la masse de matière qui chaque jour frappe la Terre sous forme de poussières et de roches de plusieurs centaines de kilos. Les **astéroïdes géocroiseurs** proviennent essentiellement de la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter. Ce dernier entraîne des perturbations gravitationnelles qui entraînent des collisions les déviants de leurs trajectoires. Ils vont alors à 60% être aspirés par le soleil mais 20% entrent en collision avec des planètes. Sont considérés comme dangereux pour la Terre ceux dont le diamètre dépasse **140 mètres**. Il y en aurait 30% au-dessus de cette taille.

ACDSEE : Formation terre accréation.
Gaz volcanique composition

Les météorites émettent des gaz lors de leur impact sur Terre.	Les volcans émettent d'importantes quantités de gaz, notamment lors des éruptions.
 Météorites Comètes Chondrite type de météorite ► Bombardement météoritique (fragments d'astéroïdes et comètes) de la Terre primitive	 200 m ► Éruption du volcan Sinabung à Sumatra (Indonésie)
Composition du dégazage d'une chondrite	Composition moyenne du dégazage d'un volcan
H₂O = 70 % à 90 % CO₂ = 10 à 20 % N₂ = 0 à 6 % O₂ = 0 %	H₂O = 80 à 86 % CO₂ = 8 à 16 % N₂ = 2 à 6 % O₂ = 0 %

b) Après le dégazage, une évolution rapide :

TP : « CO₂ et température » « Température et solubilité du CO₂ »
« Dissolution des carbonates »

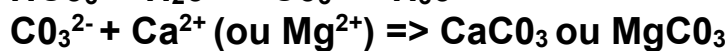
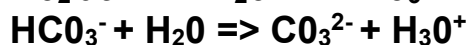
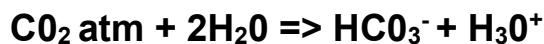
ACDSEE : « CO₂ et carbonates »

« CO₂ évolution »

« Evolution atmosphère bilan » « Evolution atmosphère »

La Terre se refroidissant, la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère primitive s'est condensée et est retombée en pluie. Cette eau ajoutée à celle des **comètes et des météorites** a permis la formation d'**océans primitifs**. On assiste alors à un piégeage du CO₂ atmosphérique dans les océans sous forme de boues puis de roches sédimentaires carbonatées (les **calcaires**).

Sur notre planète, le CO₂ a pour principale source naturelle le volcanisme, tandis que son puits principal repose sur l'érosion des roches continentales silicatées sous l'effet du ruissellement des eaux. En réagissant avec la roche, le CO₂ est soustrait à l'atmosphère et fixé sous forme de carbonates qui vont s'accumuler comme sédiments sous-marins.



Carbonate de calcium ou de magnésium

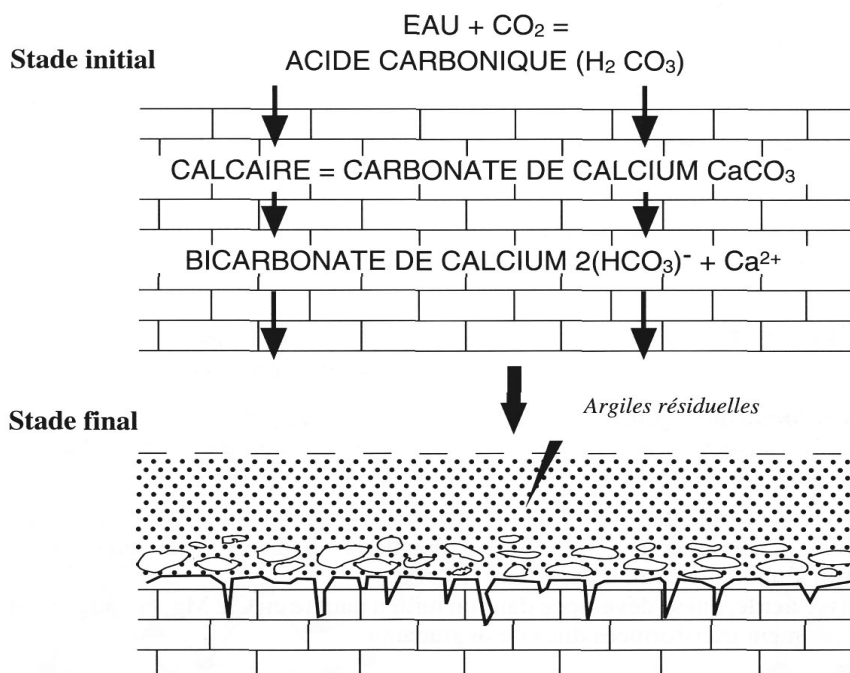
On a une auto-amplification du piégeage de CO₂ car le piégeage de CO₂ entraîne la **baisse de la T° globale de la Terre** ce qui **augmente la solubilité du CO₂** dans l'eau et donc accélère le piégeage.

- Le cas des **roches calcaires** est de loin le plus intéressant. Le carbonate insoluble se transforme en bicarbonate soluble en présence d'eau chargée de dioxyde de carbone (la solubilité varie entre 0,013 g/litre pour de l'eau pure jusqu'à 1,8 g/litre pour de l'eau fortement chargée en CO₂).



Par dissolution du calcaire, il reste souvent des argiles résiduelles dites de décalcification.

La quantité est fonction du degré de pureté de la roche mère : les marnes donnent beaucoup d'argile alors que pour les calcaires blancs « purs » il ne se forme que peu d'argiles résiduelles.



2) La poursuite de l'évolution de l'atmosphère terrestre :

L'étude de roches sédimentaires continentales (Fers rubanés, Uraninite) révèle un changement majeur il y a **2,2 Ga**. Les gisements d'Uraninite et de Fer rubané sont tous antérieurs à 2,2 Ga (couches rouges « **red beds** », **banded iron formation BIF**).

ACDSEE « BIF fer rubané »

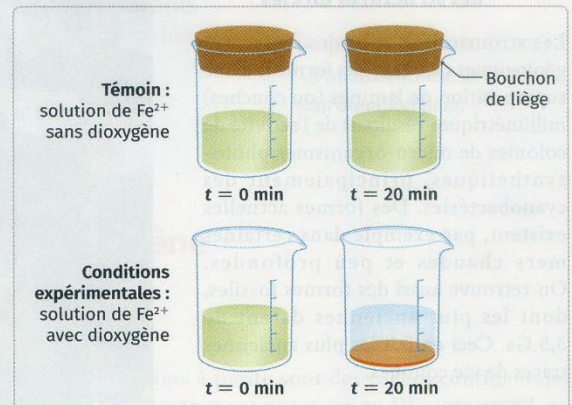
Doc. 6 Les fers rubanés

Exploitées comme gisements de fer, les formations de fer rubanées (BIF pour *Banded Iron Formation*) sont des roches sédimentaires formées dans les océans entre -3,8 Ga et -2 Ga. Leur particularité est de contenir du fer à l'état oxydé, issu de l'oxydation du fer qui était présent à l'époque dans les océans sous forme d'ion Fe^{2+} .



► Fers rubanés

Doc. 7 Ions Fe^{2+} et oxygénation



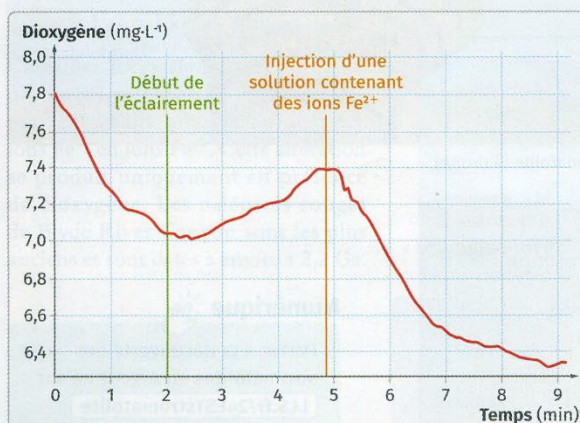
► Résultats d'une expérience d'oxydation des ions Fe^{2+}

Les ions Fe^{2+} proviennent de l'altération des roches continentales. Ils sont transportés sous forme soluble jusque dans les océans.

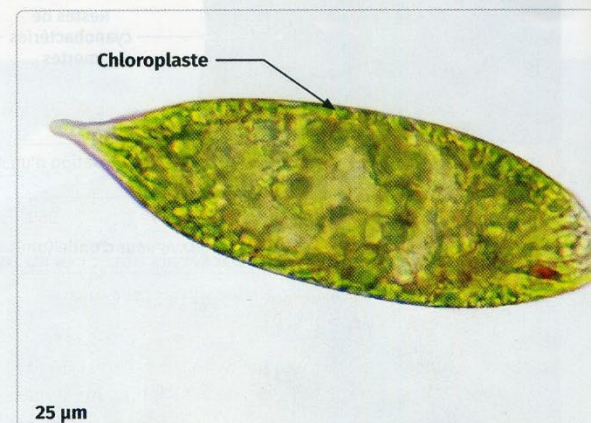
Combinés à l'oxygène, les ions Fe^{3+} sont insolubles et précipitent sous forme d'oxyde ou d'hydroxyde de fer (précipité rouge).

Remarque : à l'époque de la formation des fers rubanés, l'atmosphère primitive était réductrice (dépourvue de dioxygène).

Doc. 8 Euglènes et dioxygène



► Évolution de la teneur en dioxygène dans une suspension d'euglènes en fonction de l'éclairage et en présence ou non de fer dissous



► Euglène observée au microscope optique (× 400). Les euglènes sont des organismes unicellulaires appartenant au groupe des protistes.

Avant **2,2 Ga**, ceux-ci se sont tous formés dans les océans. On peut dire que le Fer et l'Uranium étaient transportés à l'état dissous depuis les continents

vers les océans où ils précipitaient en présence d'**O₂ dissous dans l'eau** pour former des oxydes de fer.

ACTIVITE : Fer rubané et O₂

Au niveau des continents, l'atmosphère avant 2,2 Ga était dépourvue d'O₂. Contrairement aux océans. On peut dire qu'O₂ est apparu dans l'atmosphère à partir de 2,2 Ga. On peut se demander d'où provient l'O₂ dissous dans l'eau des océans.

Solubilisation du sulfate de fer

■ **EXPÉRIENCE 1**

Une pointe de spatule de sulfate de fer (FeSO₄) dans de l'eau du robinet.

ajout d'hydroxyde de sodium (10⁻² mol · L⁻¹)

Solution limpide

Précipité vert caractéristique des ions Fe²⁺

■ **EXPÉRIENCE 2**

Bullage de dioxygène dans la solution

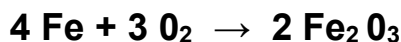
ajout d'hydroxyde de sodium (10⁻² mol · L⁻¹)

Solution limpide

Brunissement de la solution (ions Fe³⁺)

Précipité rouille caractéristique des ions Fe³⁺

Le fer ferreux Fe²⁺ est soluble, le fer ferrique Fe³⁺ est beaucoup moins soluble, il a donc tendance à précipiter pour former de l'oxyde de fer rouge.



Vidéo = « Les cyanobactéries à l'origine de toute vie »

ACDSEE « Canada stromatolite géante »

« Stromatolite calcaire marneux Gandaillat »

« Stromatolite premier producteur »

Word DDC : « Nouvelles étapes clés de l'évolution terrestre »

Les plus anciens fossiles connus de stromatolites datent de **3,5 Ga**, il s'agissait de **bactéries photosynthétiques : les cyanobactéries** qui libèrent O₂, captent le CO₂ et édifient des constructions calcaires : **les stromatolithes**. Ces dernières sont donc à l'origine de la présence d'O₂ dans les enveloppes fluides. Au début, O₂ a été un violent poison pour les **bactéries anaérobies** qui peuplaient les mers de l'époque. Les bactéries qui développèrent les mutations permettant le mode de vie **aérobie** ont été avantagées car c'est un mode de métabolisme à haut rendement énergétique. Elles ont donc supplanté les autres formes de vie.

Le dioxygène est donc apparu sous forme dissoute dans les océans, il y a 3,5 Ga, puis il a gagné l'atmosphère il y a 2,2 Ga.

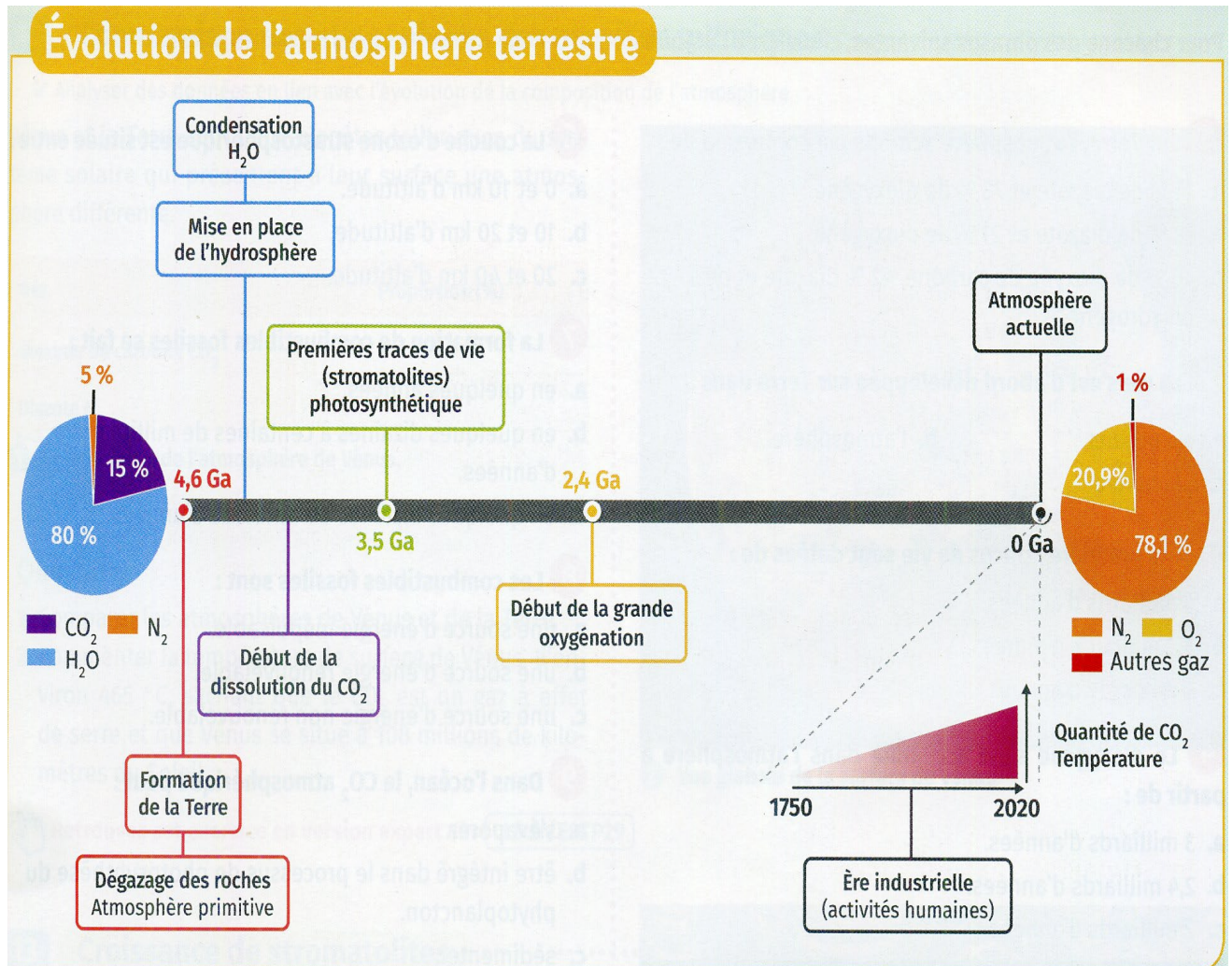
Ensuite après une longue période, **O₂** a permis de former l'**ozone O₃** qui a constitué un filtre nécessaire contre les U.V solaires mutagènes.
Il y a **420 Ma**, la vie a pu ainsi conquérir les continents. Il s'agit donc d'une **co-évolution atmosphère-biosphère**.

Activité « Ozone et CFC »

Activité « L'ozone dans l'atmosphère terrestre »

Bilan => Doc Powerpoint : « Bilan évolution atmosphère terrestre »

ACDSEE « Evolution atmosphère bilan »



1B LA COMPLEXITE DU SYSTEME CLIMATIQUE :

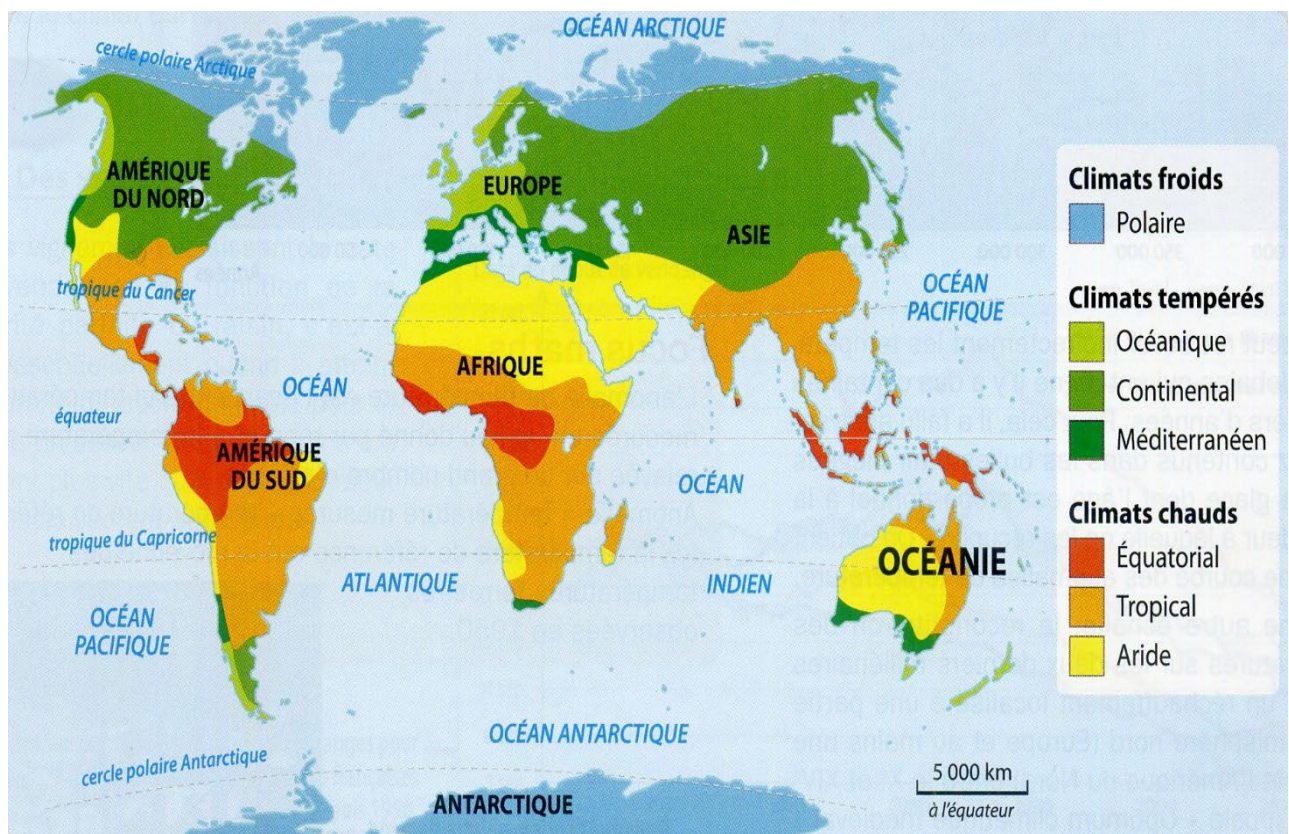
Le climat et son évolution résultent de plusieurs facteurs naturels et d'interactions entre océans, atmosphère, biosphère, lithosphère et cryosphère.

Les systèmes climatiques présentent une variabilité spontanée et réagit aux perturbations de son bilan d'énergie par des **rétroactions**. Les facteurs anthropiques ont des conséquences irréversibles à court terme.

1) Climatologie et météorologie :

Déf climatologie : Science qui étudie les variations du **climat local ou global à moyen ou long terme** (années, siècles...). Un climat est défini par un ensemble de **moyennes** de grandeurs atmosphériques (température, pression, degré d'hygrométrie, pluviométrie, nébulosité, vitesse et direction des vents) observées dans une région donnée pendant une période donnée.

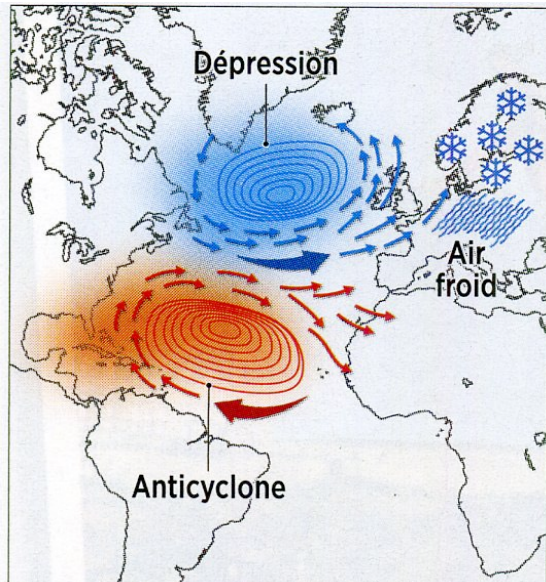
ACDSEE « Climat global »



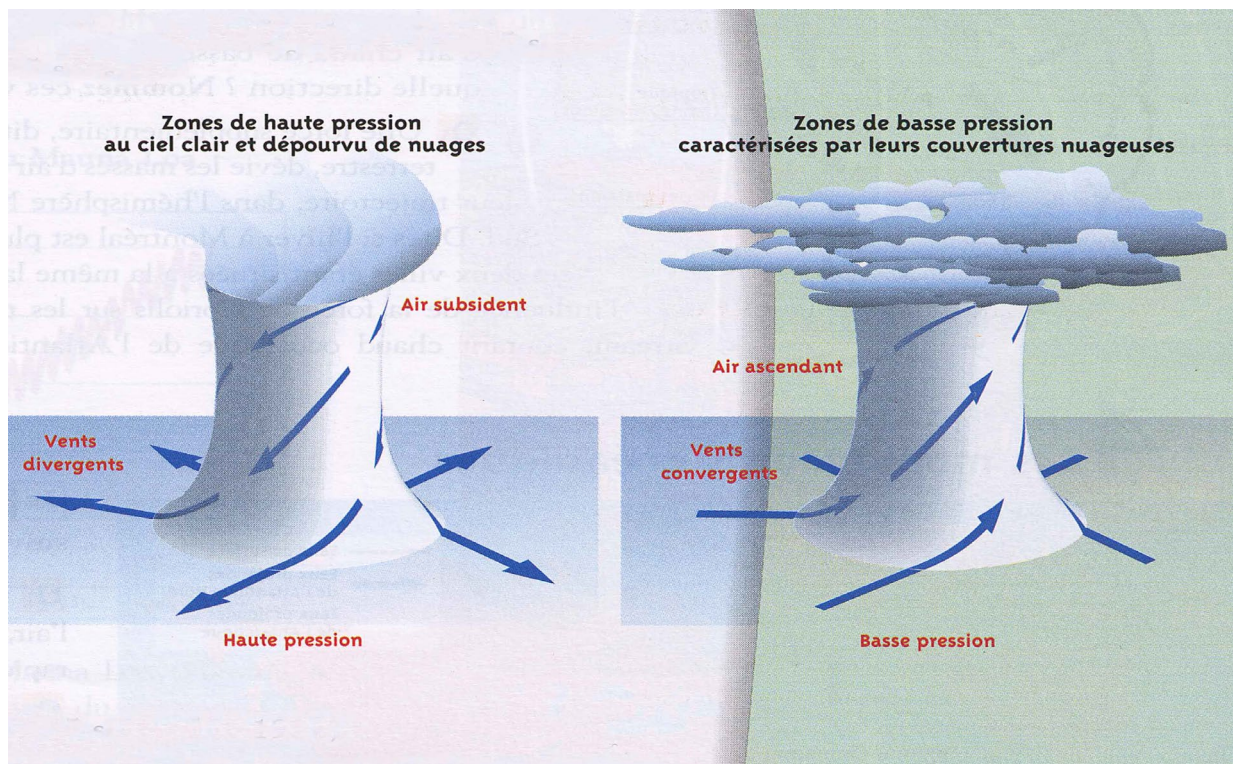
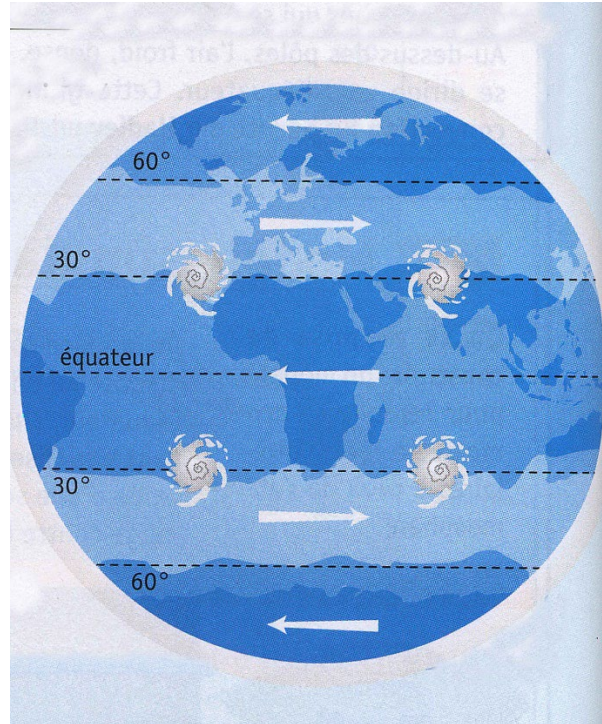
Déf météorologie : Science qui étudie les phénomènes atmosphériques qu'elle prévoit à **court terme** (jours, semaine). Fiable à 3 jours actuellement (2020).

Activité « Météorologie et climatologie ».

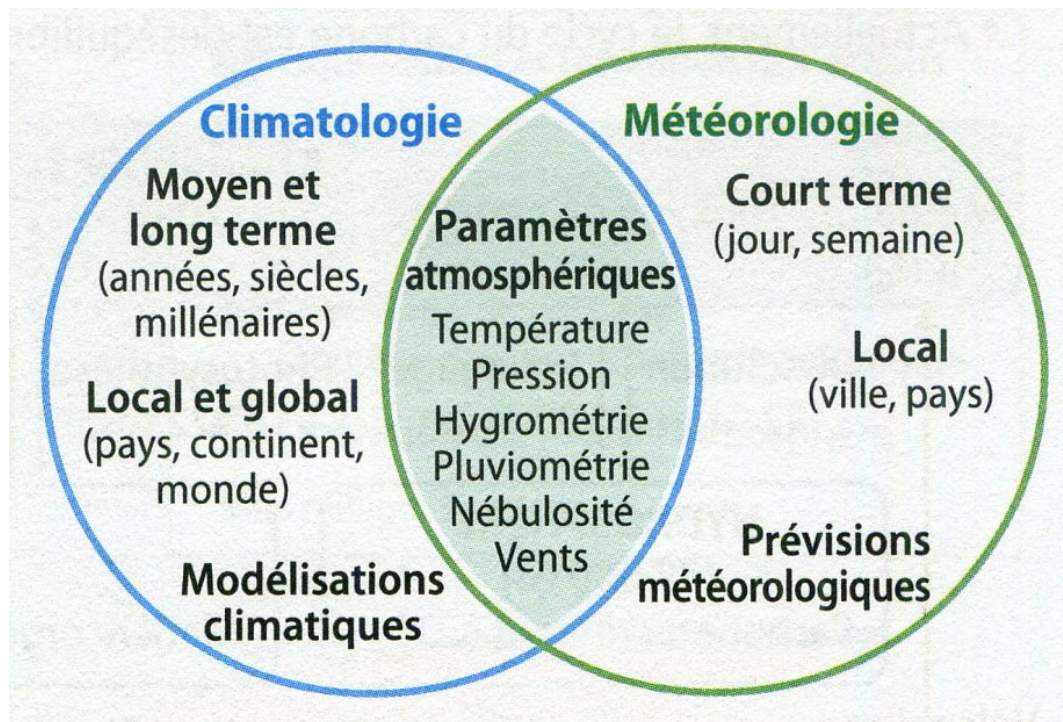
Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps. Des indications comme la température moyenne (mesures in situ et depuis l'espace), le volume des océans ou l'étendue des glaces et glaciers montrent cette variabilité. L'étude des pollens est aussi intéressante.



La différence de force entre l'anti-cyclone des Açores et la dépression d'Islande influe sur le climat français.



Activités : Indicateurs climatiques 1+2.
Ecosystème changement climatique



Vidéos : Arctique réchauffement

Carotte de glace en antarctique
 Climat terrestre c'est pas sorcier
 Comment prévoit-on la météo
 Earth's long-term warming
 Etude réchauffement de la planète
 Fonte des glaciers
 Les paramètres de Milankovich
 L'ozone
 Qu'est-ce qui fait monter le niveau des océans
 Réchauffement climatique les alpes s'effritent
 Réchauffement climatique « effet de serre »

2) Les GES :

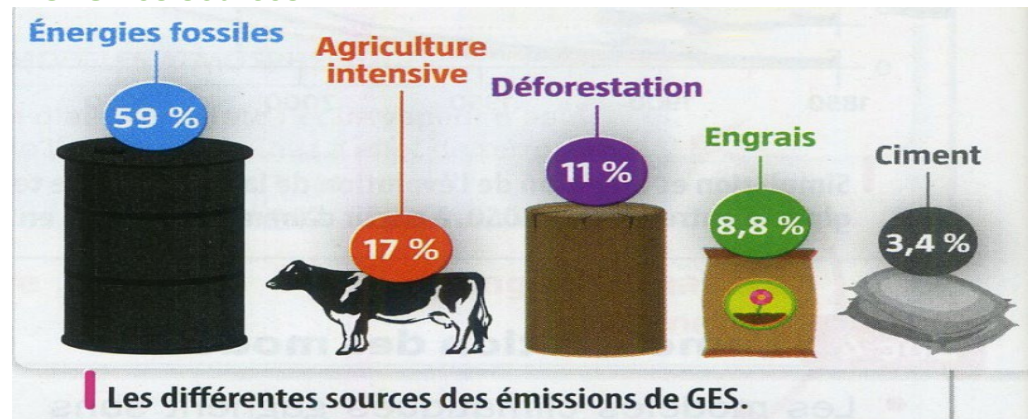
L'augmentation de la température **moyenne** résulte de plusieurs effets **amplificateurs (rétroaction positives)** dont :

- 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 donc la diminution de l'**albédo** terrestre.
Définition de l'albédo : il correspond au rapport entre l'énergie lumineuse réfléchie et l'énergie lumineuse incidente (**voir 3 l'albédo**).
- Le dégel partiel du **permafrost** provoquant une libération de GES dans l'atmosphère
 Ainsi en 150 ans, le réchauffement climatique s'évalue à 1°C.
 Il est dû à l'augmentation du **forçage climatique**.

Cette augmentation n'est pas linéaire, elle s'accélère du fait des mécanismes d'amplification (rétroactions positives).

Déf forçage climatique = différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise. Lorsque les GES augmentent (principalement CO₂, CH₄, N₂O et vapeur d'eau) l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la terre.

« GES Les sources »



ACDSEE « émissions gaz effet de serre »

« émissions de CO₂ »

« gaz effet de serre proportion »

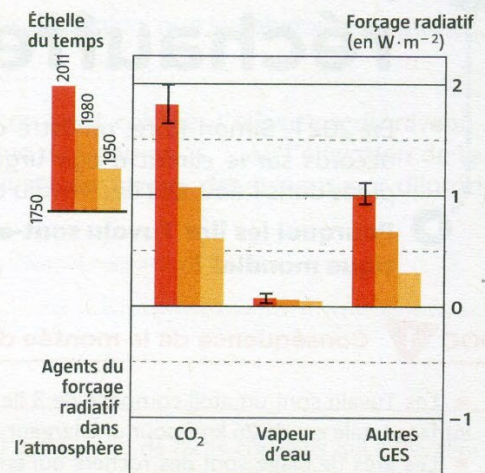
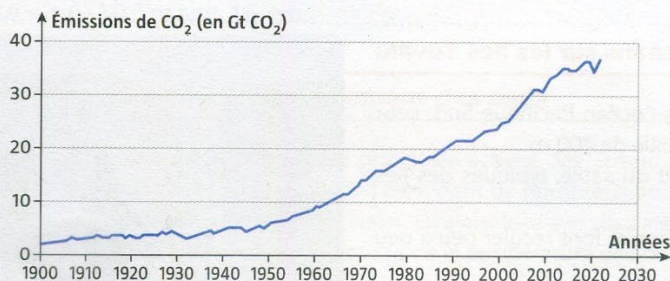
« effet de serre effet ping pong »

« GES et forçage » « forçage positif négatif »

« GES et activité humaine »

« Le climat change naturellement, ce ne sont pas les **GES** rejetés par les activités humaines qui sont responsables du réchauffement actuel. »

Si le système climatique se réchauffe, c'est qu'il gagne plus d'énergie qu'il n'en perd. On définit le forçage radiatif comme la différence entre l'énergie radiative reçue du Soleil et l'énergie radiative réémise, quittant l'atmosphère.

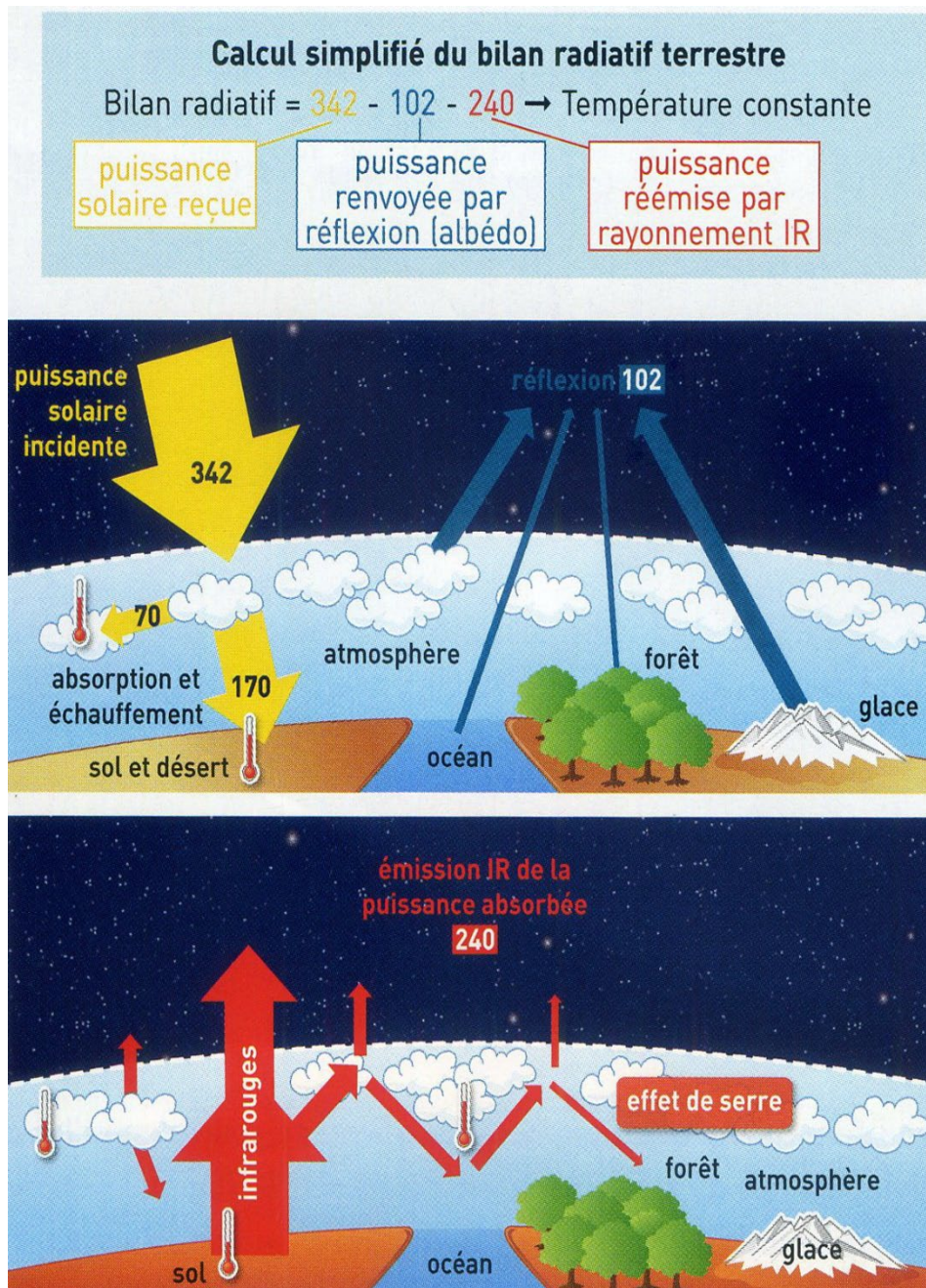


Influence de certains gaz sur le forçage radiatif depuis 1950 comparé à sa valeur de 1750.

Source : 5^e rapport du GIEC sur le climat, tome 1.

3 La quantité de GES d'origine non anthropique dans l'atmosphère étant constante en moyenne depuis le début du XX^e siècle, **justifier** que la cause du réchauffement climatique est anthropique.

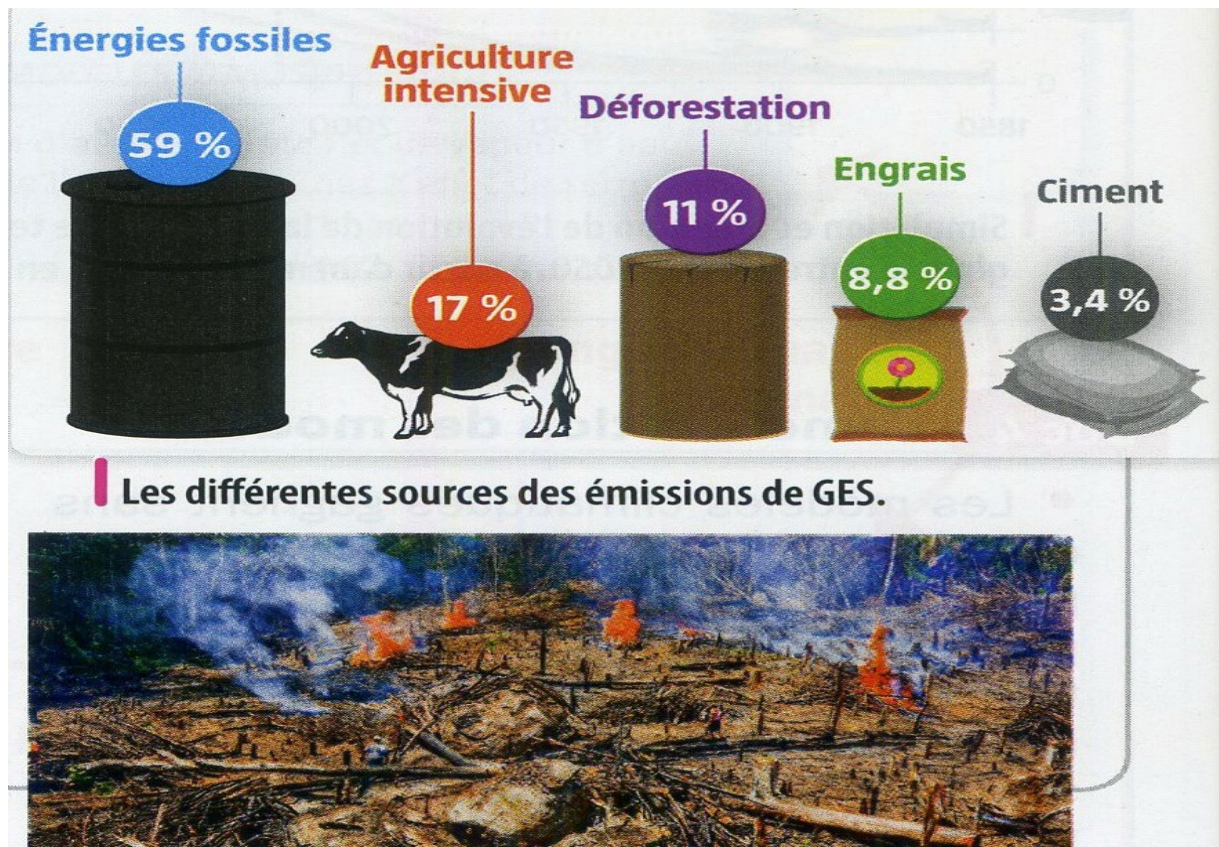
Il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol.



Cette énergie supplémentaire est essentiellement stockée par les océans, l'air et les sols entraînant une augmentation de la température moyenne de surface et la montée du niveau des océans.

Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.

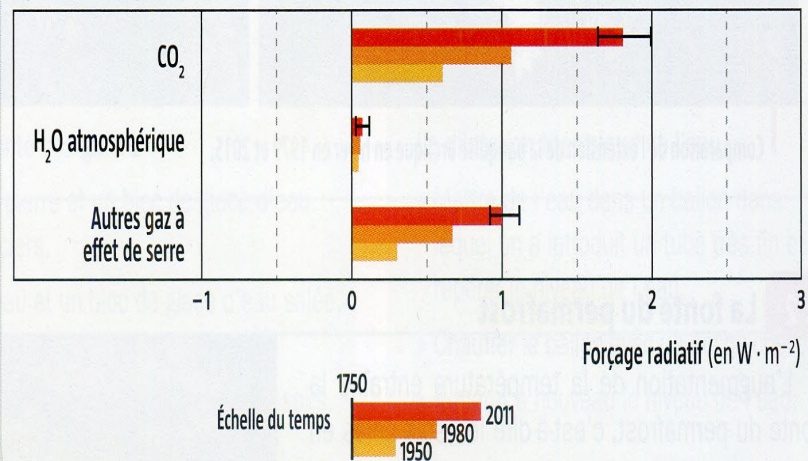
A court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puit de CO₂ et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).



Doc 4 L'augmentation du forçage radiatif par les gaz à effet de serre

- Si le système climatique se réchauffe, c'est qu'il gagne plus d'énergie qu'il n'en perd. On définit le forçage radiatif comme la différence entre l'énergie radiative reçue du Soleil et l'énergie radiative réémise, quittant l'atmosphère.
- Le forçage est exprimé en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Agents du forçage radiatif



Influence de certains gaz sur le forçage radiatif depuis 1950 comparé à sa valeur de 1750.

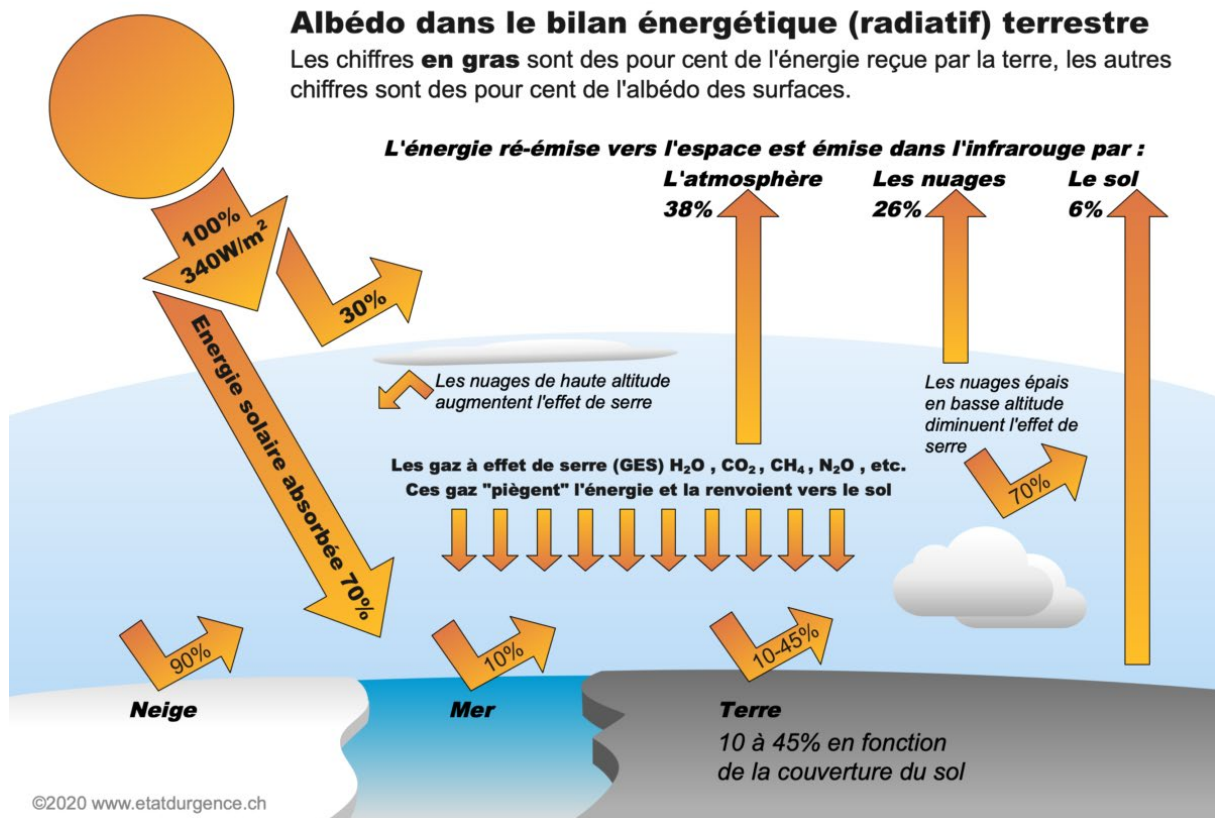
3) L'albédo :

Lorsque le rayonnement solaire arrive sur le sol de notre planète, il est en partie réfléchi. Cette réflexion, qui dépend de la couleur et de la matière de la surface concernée, est nommée « **albédo** ».

L'**albédo** est une grandeur sans dimension. Sa **valeur** s'exprime par un pourcentage entre 0% et 100%, qui est donc le pourcentage de lumière réfléchi par rapport à la

quantité reçue, soit par un chiffre entre 0 et 1, qui est la fraction de la lumière réfléchie.

Albedo = (Puissance solaire réfléchie) / (Puissance solaire reçue)



Les éléments qui contribuent le plus à l'**albédo** de la Terre sont les nuages, les surfaces de neige et de glace et les aérosols. Par exemple, l'**albédo** de la neige fraîche est de 0,87, ce qui signifie que 87 % de l'énergie solaire est réfléchie par ce type de neige.

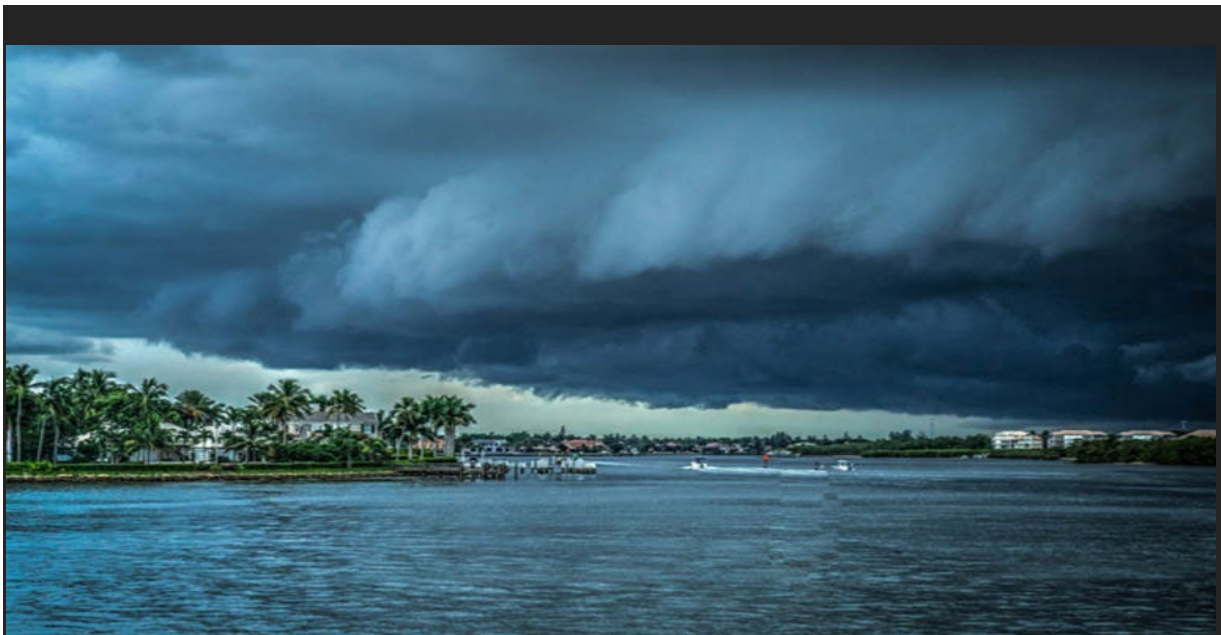
4) L'impact du réchauffement climatique sur l'eustatisme :

L'**eustatisme** est la variation du niveau moyen (ou « absolu ») des mers (relative par rapport aux continents supposés stables) et donc principalement l'extension latérale du bassin (**transgressions et régressions eustatiques**). C'est un phénomène cyclique de lentes montées et descentes du niveau marin (de l'ordre du mm/an).

TP « Mise en évidence élévation océan »

Vidéo « qu'est ce qui fait monter le niveau des océans »

Le réchauffement des océans, c'est une bombe atomique par seconde.



Le réchauffement des océans, c'est une bombe atomique par seconde!

Quand on évoque le réchauffement climatique, les premières images qui viennent à l'esprit sont le recul des glaciers, l'élévation de la température de l'air (il suffit de penser à nos étés caniculaires) ou la fonte des calottes glaciaires, entraînant une montée inexorable du niveau des océans.

Pourtant, c'est une réalité tronquée, puisque plus de **90% de la chaleur due aux émissions de gaz à effet de serre est en fait absorbée par les mers**. Les 10% restants étant, eux, responsables du réchauffement de l'air, du sol ou des calottes glaciaires, indiquent des recherches récentes de la Oxford University.

En un siècle et demi, la chaleur totale ainsi 'pompée' par les océans équivaut à **mille fois la consommation énergétique annuelle de la planète**. Le quotidien britannique The Guardian s'est amusé à calculer que le réchauffement océanique moyen constaté depuis 1871 est équivalent à l'énergie émise par l'explosion d'environ 1,5 bombes atomiques par seconde.

Une étude, publiée dans la revue 'Proceedings of the National Academy of Sciences', tente de mesurer l'impact du réchauffement des profondeurs océaniques.

L'élévation du niveau des océans, qui menace de faire à moyen des termes des millions de réfugiés climatiques, n'est pas uniquement provoquée par la fonte des glaces terrestre.

La **dilatation physique de l'eau**, due à son réchauffement, est un facteur à ne pas négliger, selon les résultats de ces recherches. **Cette énorme quantité d'énergie ajoutée aux océans fait monter le niveau de la mer et amplifie la violence des ouragans.**

L'équipe de scientifiques de l'université d'Oxford espère qu'une meilleure compréhension des changements induits par la hausse de la température des océans permettra de mieux anticiper l'élévation du niveau de la mer dans les différentes régions du globe.

(LpR - Source: The Guardian/Le Vif / Picture : Belga)

Activité : Indicateurs des variations climatiques 2.

Vidéo : Qu'est ce qui fait monter le niveau des océans.

Le danger de l'augmentation du niveau des océans.

5) Les oscillations climatiques :

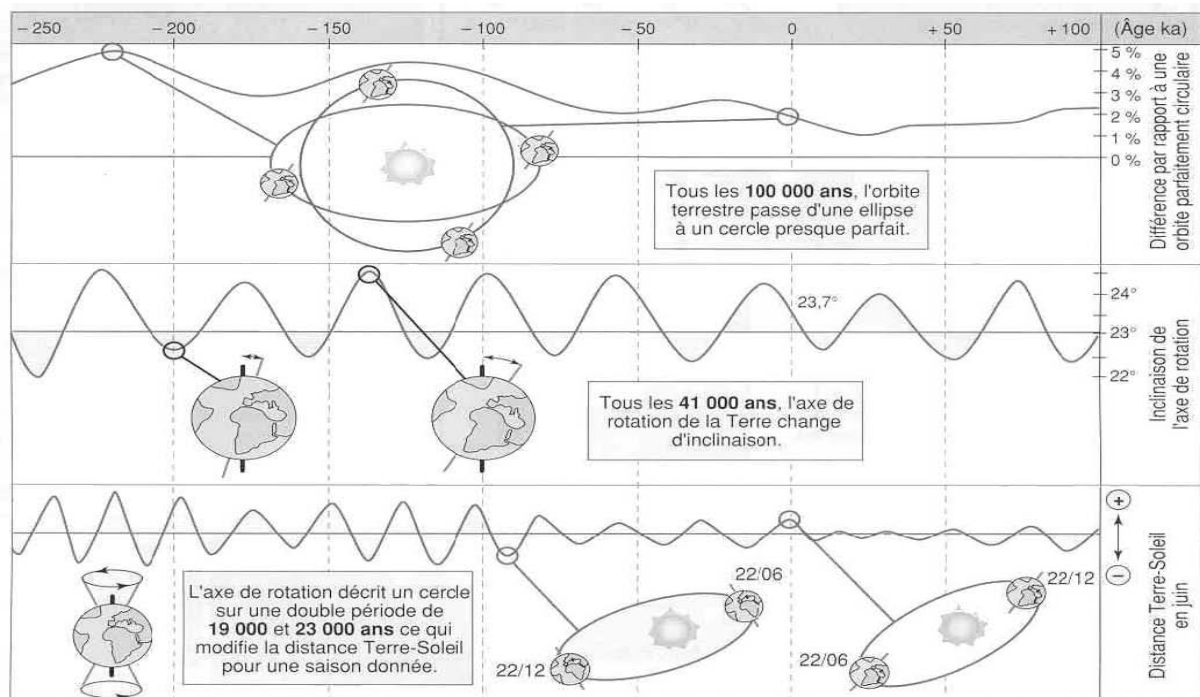
Le climat de la Planète obéit à de multiples lois et interactions. Parmi tous les mécanismes qui régissent le climat, il existe des oscillations : il s'agit de **cycles climatiques** qui affectent le climat ou la météo, au niveau mondial ou régional de manière récurrente. On peut, par exemple, citer :

- le **cycle Enso** avec les phases [El Niño](#) et [La Niña](#) qui s'étalent sur un à trois ans par intermittence.

- l'**oscillation atlantique multidécennale (OAM)**, une variation de la température de l'océan.

- l'**oscillation de Madden-Julian (MJO)**, une anomalie cyclique de précipitations (des périodes très pluvieuses et des périodes très sèches) au niveau de l'équateur.

En général, les grandes oscillations climatiques durent de quelques mois à plusieurs années et dans les cas les plus extrêmes, des milliers d'années (comme les **cycles astronomiques de Milankovitch** aux [périodes glaciaires](#)). Mais le climat de la Terre recèle encore de nombreux mystères et une équipe de scientifiques internationaux (France, de l'IPSL, Autriche et Japon) viennent justement de découvrir une nouvelle oscillation climatique.



Une oscillation de courte durée, mais avec des impacts majeurs

L'oscillation intrasaisonnière tropicale (Twiso) présente la particularité d'être très courte : seulement 30 à 60 jours. Est-ce suffisant pour avoir un impact sur la météo et le climat ? Oui, selon [l'étude publiée dans PNAS](#) : elle a « *des impacts substantiels sur le climat et la météorologie tropicale à l'échelle régionale* ». C'est en étudiant les relevés météo du passé, et les observations satellites, que les chercheurs ont découvert cette nouvelle oscillation.

« Elle se manifeste principalement par des perturbations convectives dans la zone chaude tropicale indo-pacifique ». Cette oscillation se présente donc sous la forme d'un schéma répété d'orages, d'averses et de vent fort dans [les Tropiques](#). Elle est donc associée à des phénomènes météo extrêmes lors de sa phase active. Il ne s'agit pas seulement de violents orages, mais potentiellement de phénomènes bien plus vastes : l'oscillation Twiso a un impact sur la formation des **phénomènes cycloniques**, notamment, car la phase active du cycle se produit lorsque la température de l'eau est élevée (ce qui donne plus d'énergies aux tempêtes tropicales et cyclones pour se développer).

6) [Le climat du futur](#) :

Des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues permettent de réaliser des **modèles numériques prédictifs**. Assorties d'hypothèses portant sur l'évolution de la production des GES, les projections issues de ces modèles dessinent des fourchettes d'évolution du système climatique au XXI siècle.

Les modèles s'appuient sur la mise en équation des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre. Ces modèles sont évalués par comparaison avec les observations **in situ** et **spatiales** et avec les **paléoclimats**. On obtient ainsi des projections Climatiques sur des décennies ou des siècles.

Le CO₂ issu de la combustion d'hydrocarbure, la déforestation, la production de ciment, les fuites de CH₄, la fermentation dans les décharges et certaines activités entraînent une augmentation de la température moyenne depuis le début de l'ère industrielle. La fourchette des prévisions dépend de la quantité de GES émise :

- Augmentation de 1,5°C à 5°C de la température moyenne entre 2017 et 2100.
- Une élévation du niveau moyen des océans entre 1900 et 2100 pouvant atteindre le mètre.
- Des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes.
- Une acidification des océans entraînant la disparition des coraux.
- un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins.

**ACDSEE « Acidification océans conséquences »
« Climat et pollens »**

- « Elevage méthane »
- « Evolution précision des modèles »
- « Hypothèse évolution des températures »
- « Météo grandeurs atmosphériques »
- « Permafrost fonte »
- « Réchauffement conséquences France »

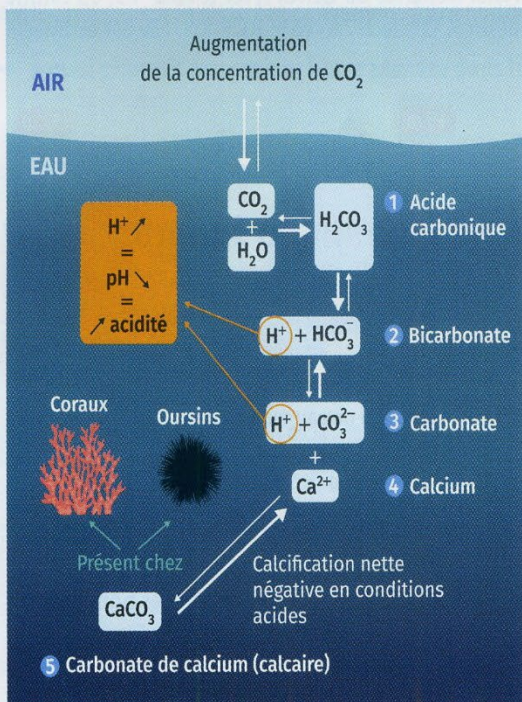
Doc 2 La fonte du permafrost

- L'augmentation de la température entraîne la fonte du permafrost, c'est-à-dire les sols gelés en permanence des régions arctiques. En temps normal, le permafrost piège des éléments carbonés gazeux comme le méthane, produits par la décomposition de matière organique passée.
- Depuis la dernière glaciation, le permafrost, qui représente 25 % des terres émergées de l'hémisphère Nord, a accumulé 1 700 milliards de tonnes de carbone d'origine végétale, soit deux fois plus de carbone que n'en contient actuellement l'atmosphère.



Doc. 4

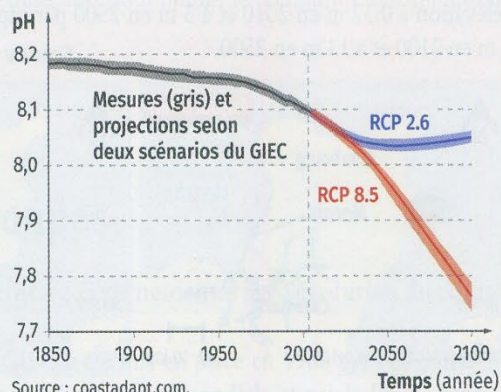
Réactions chimiques et acidification des océans



Observez l'évolution d'un mollusque en condition acide *in vivo* et découvrez un reportage sur l'impact de l'acidification des océans. [LLS.fr/ESTP58](https://lls.fr/ESTP58)

Doc. 5

Évolution du pH des océans selon les scénarios du GIEC



Le pH suit une échelle logarithmique : une solution à $\text{pH} = 4$ est dix fois plus acide qu'une solution à $\text{pH} = 5$. Une variation de pH est donc en réalité plus importante qu'il n'y paraît.

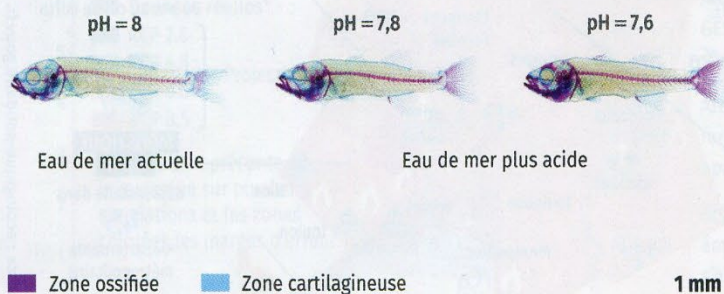
TP

Retrouver un protocole détaillé pour mettre en évidence le lien entre CO_2 et pH. [LLS.fr/ESTP58](https://lls.fr/ESTP58)

Doc. 6

Impact de l'acidification des océans sur les êtres vivants

Ossification des larves de bar selon le pH de l'eau (45 jours après l'éclosion)



L'impact de l'acidification des océans sur les bars (vertébrés marins).

Pour modéliser l'impact de l'acidité sur les êtres vivants, des scientifiques ont réalisé deux expériences de suivi. Ils ont placé des mollusques (*Thecosomata*) composés d'une coquille calcaire dans une eau à $\text{pH} = 7,8$ (correspondant au scénario

RCP 8.5) pendant 45 jours. Ils ont ensuite placé des œufs de bar dans des eaux à différents pH. Les larves de bar qui ont évolué dans des eaux plus acides ont une matrice extracellulaire osseuse plus importante aux dépens de la matrice extracel-

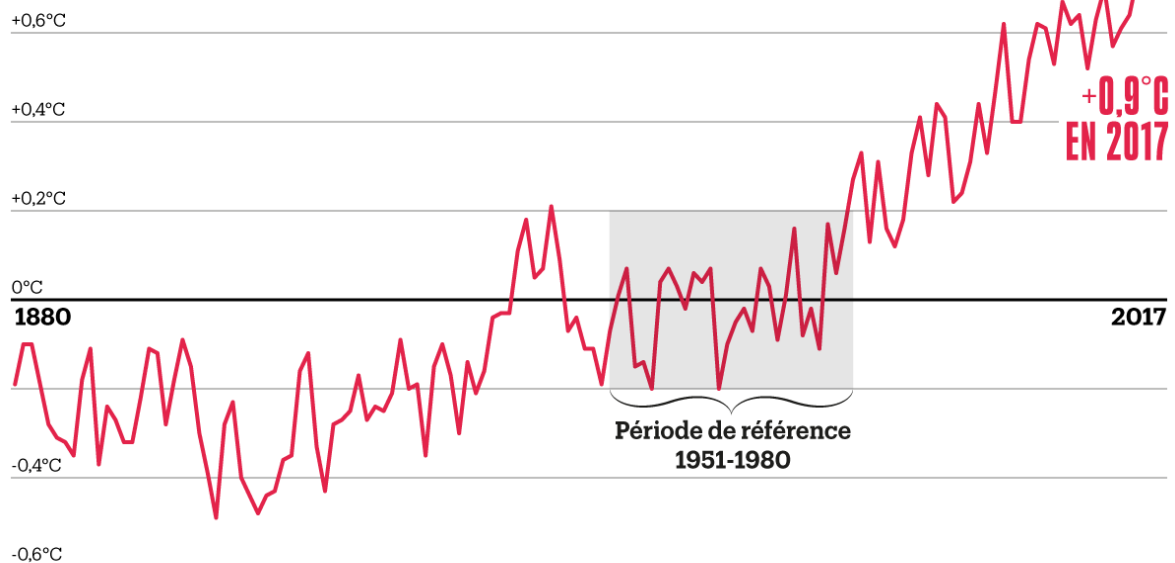
lulaire cartilagineuse. Leur vitesse de nage et leur taille diminuent également. Le comportement est aussi modifié : ils sont très regroupés à $\text{pH} = 8,1$, alors qu'ils sont plus espacés à un pH plus acide.



Devenir d'une coquille de *Thecosomata* dans une eau à $\text{pH} = 7,8$.

Evolution de la température moyenne de la planète

Ecart en °C par rapport à la température moyenne de référence
(entre 1951 et 1980)



Source : Nasa

Activité : Indicateur des variations climatiques 1
PPT à compléter : Bilan et perspectives d'avenir.

7) Des phénomènes météorologiques nouveaux :

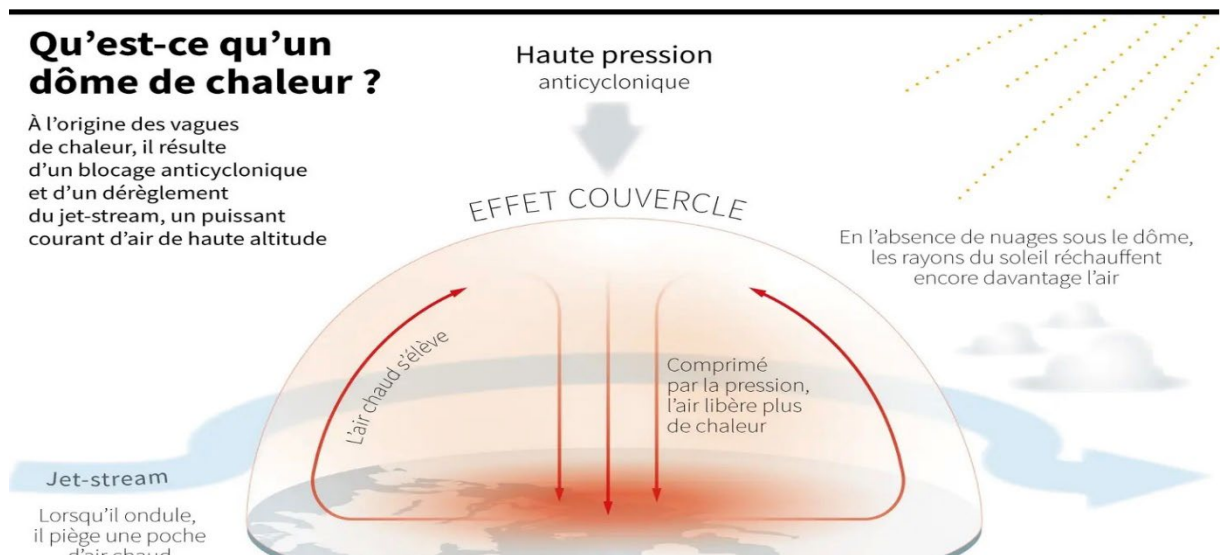
Avec le réchauffement, les météorologues ont mis en évidence l'apparition de nouveaux phénomènes atmosphériques.

a) Les gouttes froides : **vidéo la goutte froide.**

b) Les dômes de chaleur : août 2023

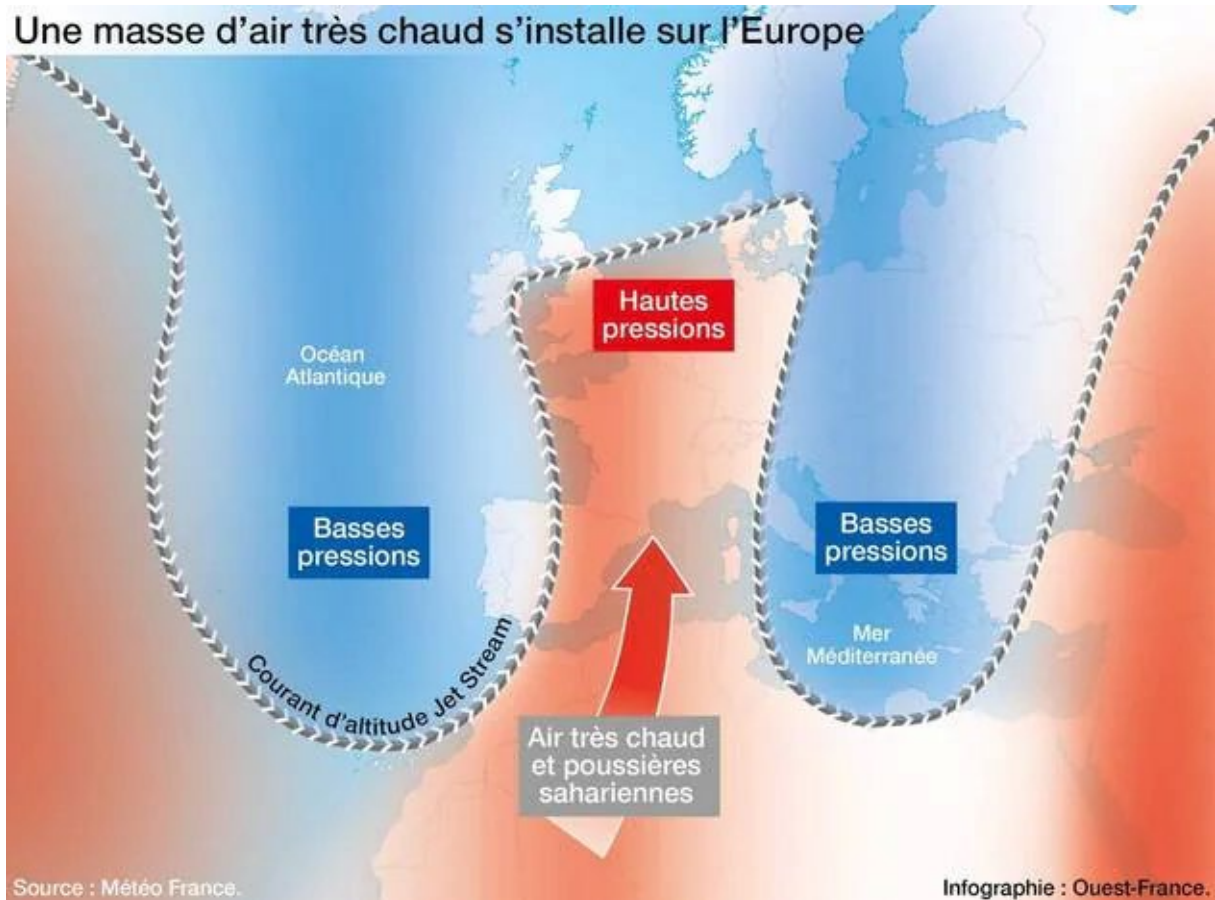
Qu'est-ce qu'un dôme de chaleur ?

À l'origine des vagues de chaleur, il résulte d'un blocage anticyclonique et d'un dérèglement du jet-stream, un puissant courant d'air de haute altitude

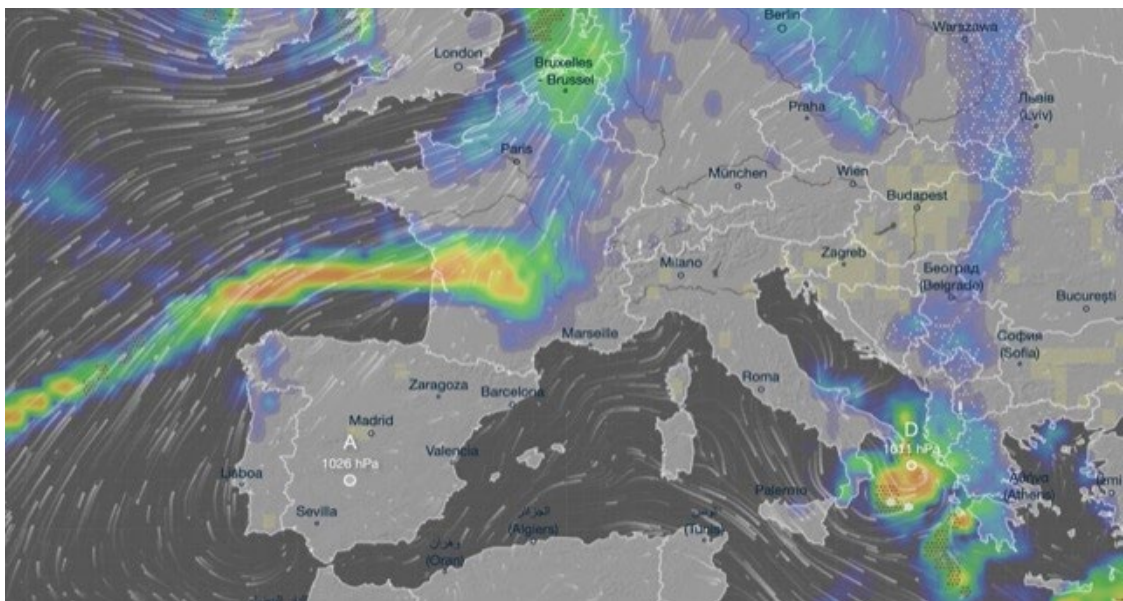


c) Les anticyclones en Oméga : septembre 2023

Une masse d'air très chaud s'installe sur l'Europe



d) Les rivières atmosphériques :



Sur ces images satellites, on peut apercevoir la rivière atmosphérique toucher le sud-ouest de la France. ©Ventusky

En effet, celle qui doit traverser la France dans les prochains jours provient des Antilles. Elle doit apporter un **air humide et doux** sur l'Hexagone et devrait se bloquer sur les Alpes. C'est ce phénomène météorologique qui devrait être à l'origine de précipitations intenses pouvant provoquer des **inondations** étant donné la quantité d'eau déversée.

D'UNE MASSE D'AIR CHAUD À UNE COLONNE D'HUMIDITÉ ASCENDANTE

Concernant la formation de la rivière atmosphérique, cela passe par un enchaînement ordonné de faits. Ainsi, dans un premier temps, la chaleur du soleil provoque l'évaporation de l'eau à la surface des océans, formant de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Les tropiques sont des zones particulièrement propices à une forte évaporation en raison des températures élevées.

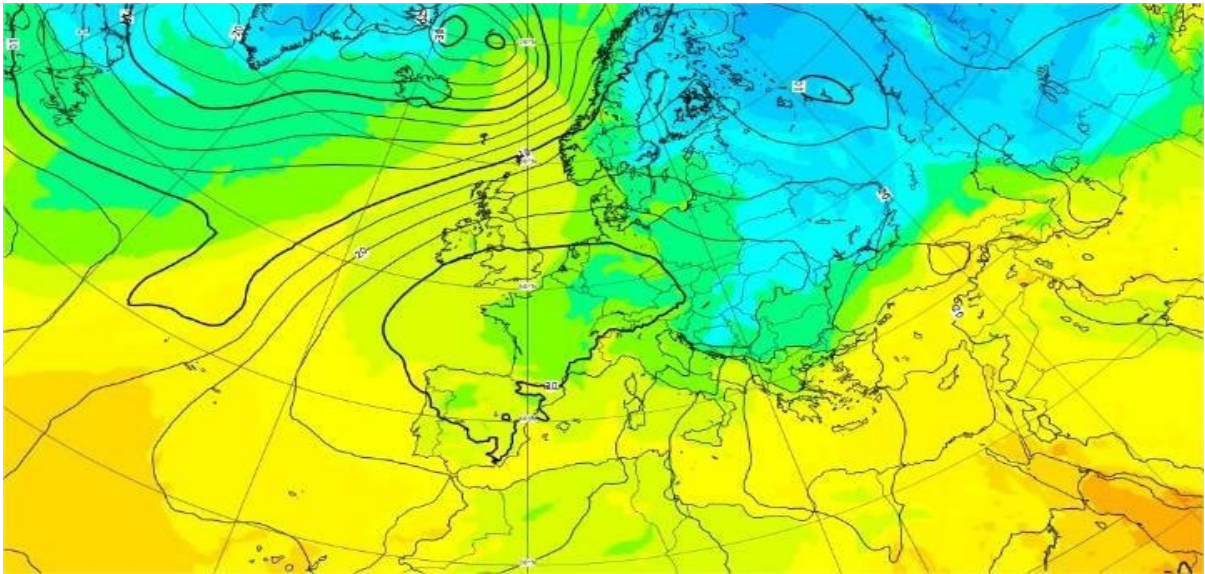
Ensuite, les masses d'air chaud chargées de vapeur d'eau s'élèvent dans l'atmosphère. À mesure qu'elles montent, elles se refroidissent, ce qui provoque la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes. Cette condensation réchauffe, par la suite, l'air environnant et lui permet de monter davantage, créant une colonne d'humidité ascendante.

Sous l'influence du courant-jet (ou **jet stream**), cette colonne d'humidité des régions tropicales entame son déplacement formant, donc, **la rivière atmosphérique**.

Lorsque les rivières atmosphériques rencontrent des obstacles tels que des montagnes, elles peuvent être forcées de monter en altitude, ce qui intensifie la condensation et les précipitations. De ce fait, cela peut entraîner des phénomènes météorologiques dangereux, tels que de **fortes pluies, des tempêtes, ou encore des inondations**.

e) La « patate » anticyclonique » : décembre 2023

« Une patate anticyclonique est une vaste zone de **hautes pressions** qui s'étend généralement sur des milliers de kilomètres et qui va se maintenir sur cette position durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines », explique Stéven Tual, météorologue chez Météo Bretagne. « Sur nos cartes, cette zone ressemble un peu à une pomme de terre, d'où son nom ».



La « patate anticyclonique » est représentée par la forme cerclée de noir centrée sur la France. © ECMWF

Cette formation, imposante et en partie informe, est particulièrement visible sur la carte ci-dessous, qui présente les niveaux de pressions attendus en Europe ce samedi 17 décembre à 4 h du matin.

Une patate anticyclonique éloigne la pluie.

Une patate anticyclonique est caractérisée « par des conditions stables », rappelle Stéven Tual. Comme le rappelle sur X (ex-Twitter) le météorologue Anthony Grillon, ce type de formation a effectivement pour conséquence de « mettre un coup d'arrêt net au flux perturbé ». Autrement dit, elle chasse les perturbations, et les pluies qui sont associées.

Mais, si elles éloignent les perturbations, **ces patates se traduisent souvent « par des conditions hivernales pas très ensoleillées, et plutôt mornes »**, poursuit Stéven Tual.

Pourquoi ? Parce que les hautes pressions vont « plaquer l'humidité dans les basses couches de l'atmosphère », explique le météorologue. « Lorsqu'il fait beau, on a donc ce qu'on appelle une inversion thermique, avec, lorsque les nuits sont dégagées, une

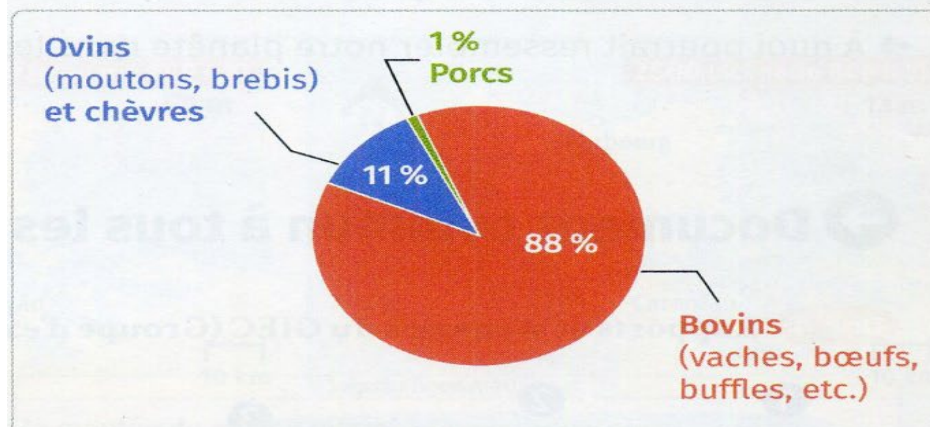
absence de gel sur les points hauts mais du gel dans les vallées. Et si les nuits sont très nébuleuses, les températures seront douces le matin mais elles plafonneront l'après-midi ».

8) L'impact du changement climatique sur l'agriculture :

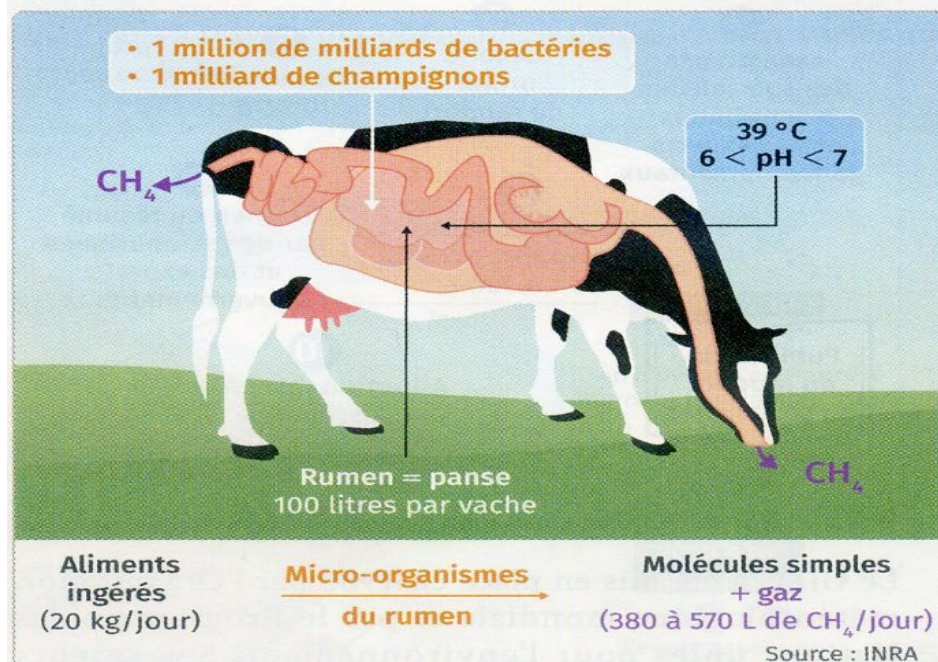
[Impact changement climat sur l'agriculture.pdf](#)

Doc. 5 Émissions dans les élevages

En 2022, les élevages français comptaient environ 17 millions de bovins destinés à la production de lait et de viande.



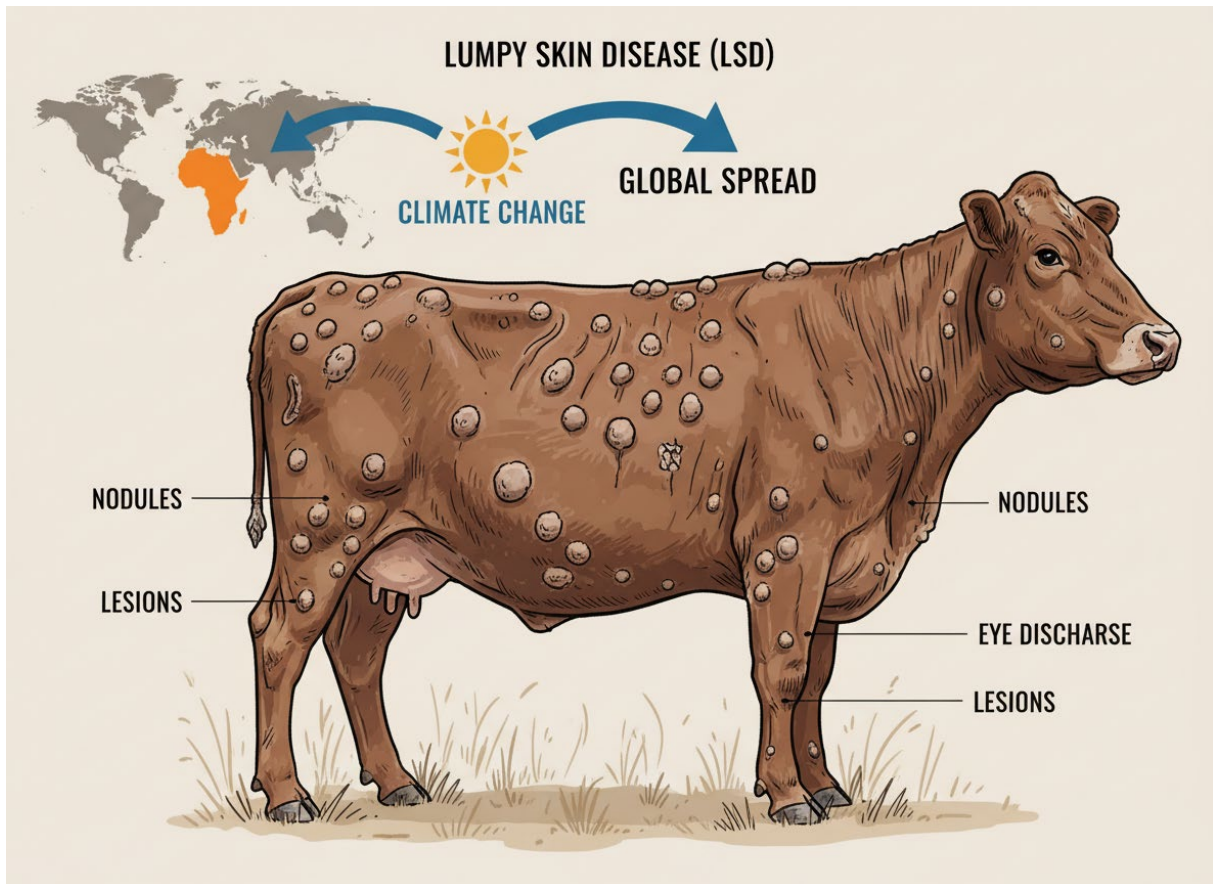
► Part des émissions de méthane liées à la fermentation entérique (liées à la digestion) pour différents types d'élevage sur un total mondial de 85 millions de tonnes



► Les émissions de méthane (CH_4) chez la vache

Dermatose nodulaire (épidémie fin 2025) :

La dermatose nodulaire, maladie virale (Capripoxvirus) transmise par les mouches piqueuses ou taons remonte depuis l'Afrique avec le réchauffement climatique. Elle fait peser une grave menace sur nos élevages surtout si l'hiver s'avère trop doux. Une conséquence grave de plus du réchauffement climatique qui nous montre que l'on doit agir pour le ralentir.



Bilan général :

