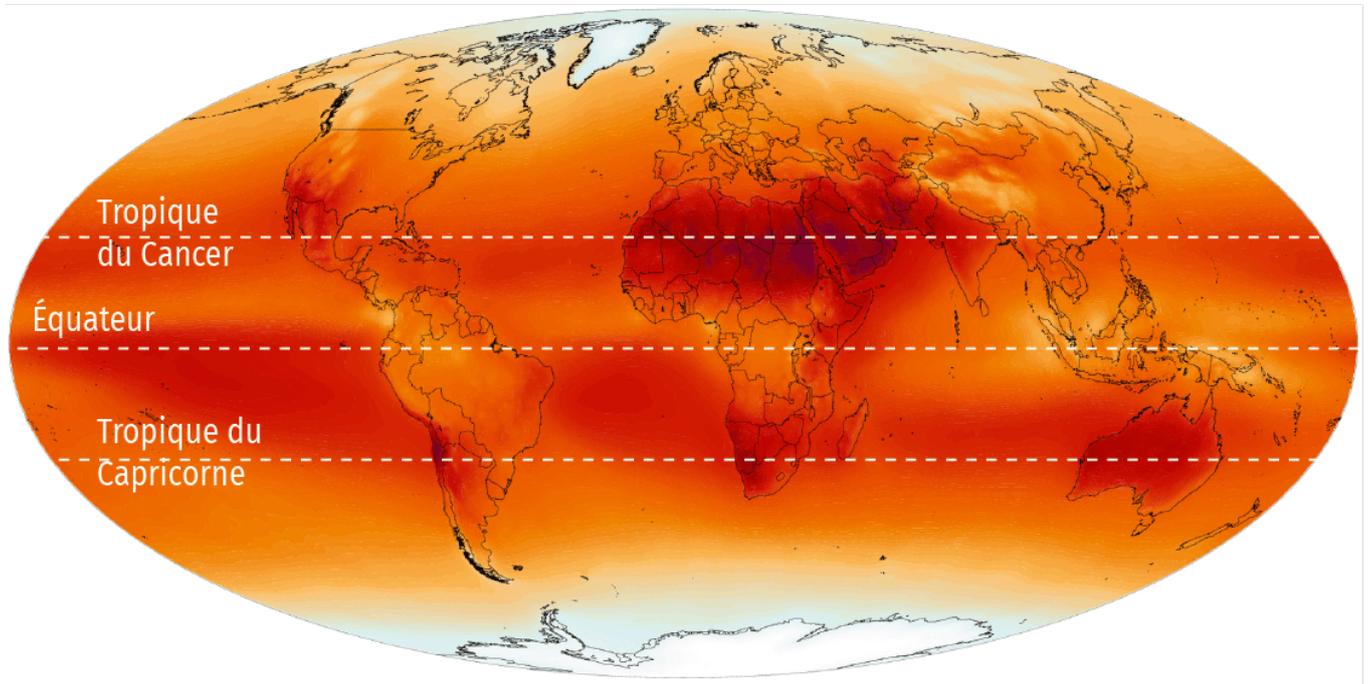


**Groupe 2A : L'évolution de la température mondiale**

Voir aussi docs 1 et 2 p.36 + doc 1 p.34

**Doc 1 : Principe de la mesure des températures à la surface de la Terre depuis l'espace.** La surface terrestre émet des radiations infrarouges qui dépendent de sa température. Aujourd'hui, des satellites géostationnaires (qui sont toujours au-dessus du même point de l'équateur) et des satellites polaires (qui ont une orbite passant par les pôles Nord et Sud) sont capables de mesurer ces radiations. Les résultats sont ensuite convertis en température.



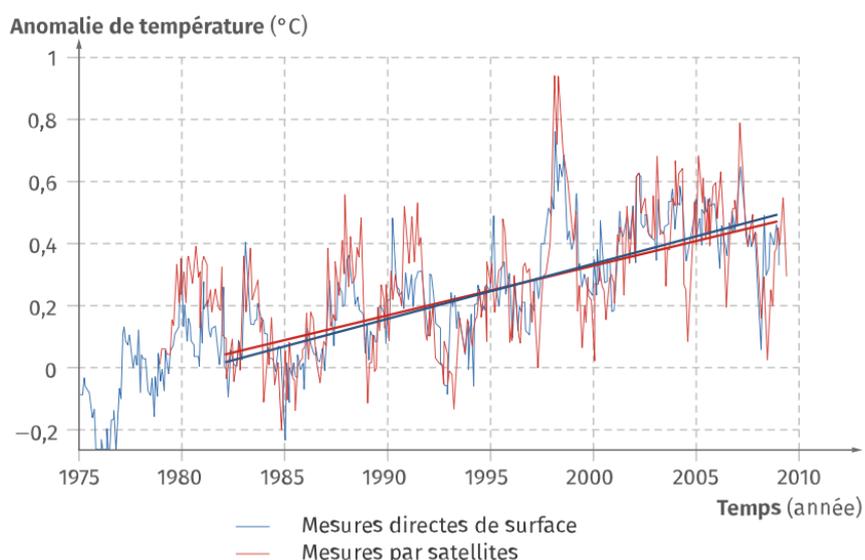
**Puissance émise par unité de surface ( $W \cdot m^{-2}$ )**

145 165 185 205 225 245 265 285 305 325 345

**Carte mondiale de la puissance d'émission de rayonnements infrarouges par la Terre (moyennes annuelles de 2003 à 2010).**

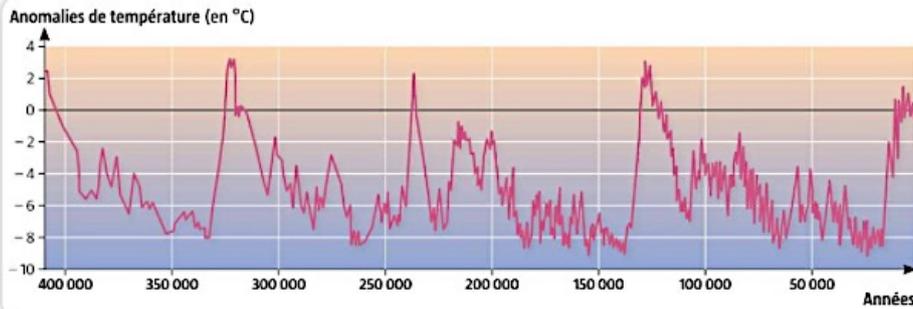
Source : TES LLS 2020

**Doc. 2 : Variation des températures déterminées à la surface de la Terre et par satellite depuis 1975.** Les anomalies de température sont déterminées en faisant la différence entre les valeurs mesurées et les valeurs moyennes obtenues sur la période 1961-1990, prise comme référence. Une anomalie positive signifie donc que la température mesurée est supérieure à la température moyenne sur la période de référence. Les droites correspondent à des courbes de tendance pour faciliter les calculs et les comparaisons.



Source : TES LLS 2020

**Doc 1** La température moyenne terrestre, un indicateur du climat global



Reconstitution des températures moyennes passées en Antarctique.

- On peut retrouver indirectement les températures globales qui ont régné il y a des centaines de milliers d'années. Pour cela, il a fallu analyser les molécules d'eau contenues dans les glaces dont l'âge est proportionnel à la profondeur à laquelle on les récupère. On obtient ainsi une courbe des anomalies de température.
- À une autre échelle, la reconstitution des températures sur les deux derniers millénaires montre un réchauffement localisé à une partie de l'hémisphère nord (Europe et au moins une partie de l'Amérique du Nord) entre le X<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècle appelé « Optimum climatique médiéval » et un refroidissement entre les années 1550 à 1850 appelé « Petit Âge glaciaire ».

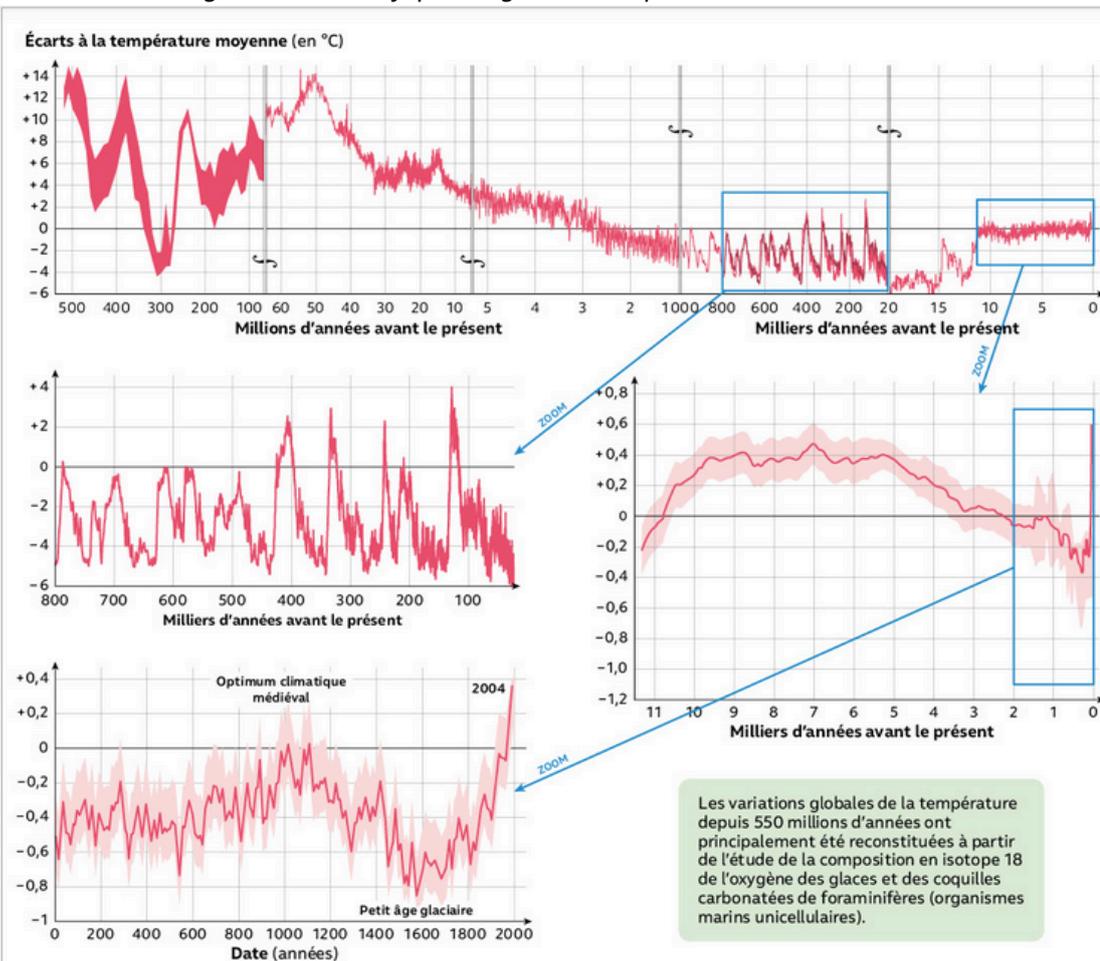
**Focus maths**

L'anomalie de température est l'écart entre la température mesurée en un lieu donné par rapport à la température moyenne relevée sur un grand nombre d'années.  
 Anomalie = température mesurée - température de référence  
 Ici, la température de référence est la moyenne des températures terrestres observées en 1950.



Bruegel l'Ancien, peintre flamand, représente le Petit Âge glaciaire dans *Chasseurs dans la neige* (1565).

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.36



Les variations globales de la température depuis 550 millions d'années ont principalement été reconstituées à partir de l'étude de la composition en isotope 18 de l'oxygène des glaces et des coquilles carbonatées de foraminifères (organismes marins unicellulaires).

**Doc 4 : Évolution de la température moyenne mondiale au cours des 540 millions d'années.** Les valeurs indiquées sont des différences par rapport à la température moyenne mondiale entre 1961 et 1990. Source : Tle Enseignement scientifique Nathan 2020

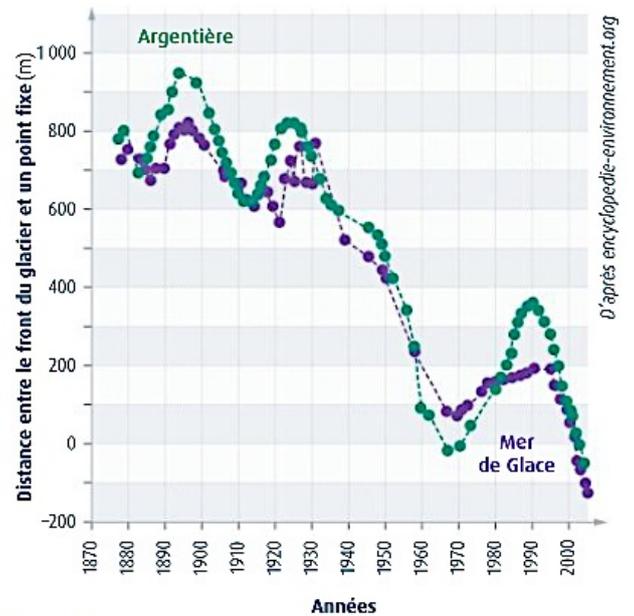
**Groupe 2B : L'étendue des glaciers**

Les glaciers continentaux sont des masses de glace formés à partir de la neige transformée en glace par compaction, aux pôles ou au sommet des montagnes. La glace s'écoule par gravité en se déformant à l'état solide le long des pentes et transporte avec elle des blocs rocheux de diverses tailles en creusant des vallées à fond plat (vallées en U). Ces blocs rocheux se déposent en amas et forment des *moraines* sur les bords et à l'avant du glacier (*front de glace*), ou de gros rochers isolés (*blocs erratiques*). Une fois datés, l'analyse de ces traces sédimentaires et érosives laissées par les glaciers permettent de repérer l'étendue d'un glacier à un moment donné. Actuellement, on peut mesurer l'étendue d'un glacier par des satellites ou des photos.



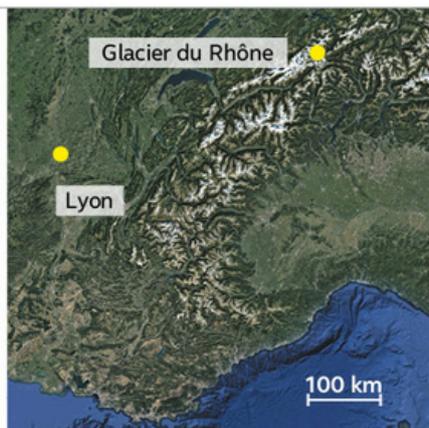
**DOC 3** Évolution du glacier du Rhône entre le début du xx<sup>e</sup> siècle et 2016.

Source : Tle Enseignement scientifique Belin 2020



D'après encyclopedie-environnement.org

**DOC 4** Fluctuation de la mer de Glace, et du glacier de l'Argentière, dans le massif du Mont-Blanc.



Extension de la Mer de Glace (Mont Blanc), le plus grand glacier français, en 1644, 1821 et 1895.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.36

**1** Le Gros Caillou à Lyon est un **bloc erratique** déplacé par le glacier du Rhône il y a 140 000 ans environ. La localisation de Lyon et l'emplacement actuel du glacier du Rhône sont indiqués sur la carte.

Source : Tle Enseignement scientifique Nathan 2020

**Doc. 3 : Variation d'épaisseur du permafrost**

Le permafrost est une couche de sol qui reste gelée toute l'année pendant au moins deux années consécutives. Ces sols représentent presque 25 % des sols de l'hémisphère nord et contiennent une grande quantité de gaz à effet de serre comme le méthane. Lors de sa fonte, le permafrost libérera ces gaz rapidement.



Le permafrost en Alaska

**Variation d'épaisseur du permafrost (m)**



Variation d'épaisseur du permafrost en Sibérie entre 1996 et 2016. Le permafrost est mesuré en de nombreux points du globe depuis plusieurs décennies. Le niveau 0 est le niveau moyen sur la période analysée.

Source : *Tle Enseignement scientifique LLS 2020*

**Travail en salle informatique : Protocole de mesure de la régression des glaciers avec Google Earth**

- **Ouvrir les fichiers avec le logiciel Google Earth :**
  - pour l'Europe : « [glaciations quaternaires.kmz](#) » et « [fonte des glaces 13 11.kmz](#) » (faire défiler la barre de temps en haut à gauche et cocher les glaciers qui vous intéressent dans l'onglet Lieux à gauche)
  - pour le Groenland : « [évolution des glaciers.kmz](#) »
- **Mesurer la régression des glaciers :**
  - par la distance avec l'outil Règle puis cliquer avec la souris sur le point de départ puis le point d'arrivée
  - par la surface avec l'outil Règles, onglet Polygone puis tracer les limites du contour du glacier à chaque date pour estimer sa surface et choisir une unité de mesure adaptée

**Groupe 2C : Niveau de la mer**



**Un paléorivage.** Les encoches dans les roches creusées par les vagues indiquent le niveau moyen de l'eau à différentes époques.



**La grotte Cosquer**

<https://archeologie.culture.fr/fr/a-propos/grotte-cosquer>

L'entrée de la grotte Cosquer, située dans les calanques de Marseille, est immergée. Ses murs sont couverts de peintures rupestres datant d'il y a 19 000 à 27 000 ans. D'autres éléments montrent que lors de la dernière période glaciaire, le niveau de la mer était 130 mètres plus bas qu'actuellement. Aujourd'hui, on estime que l'Antarctique contiendrait à lui seul 26,5 millions de km<sup>3</sup> de glace, le volume total des océans étant estimé à 1322 millions de km<sup>3</sup>. *Source : T E S L L S 2020*

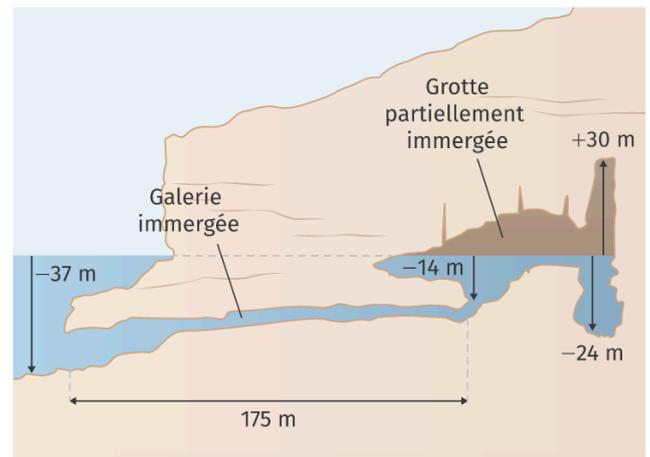
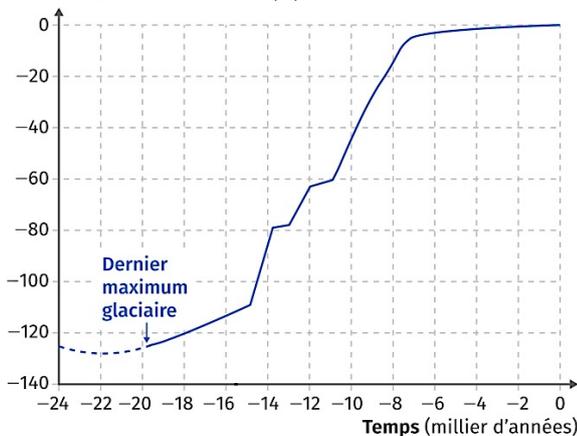


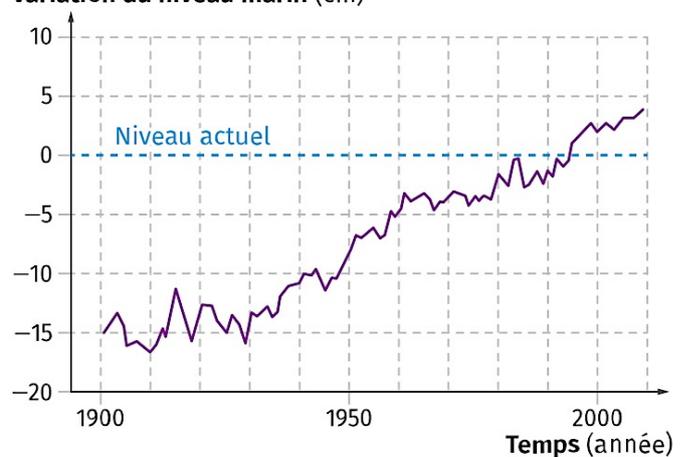
Schéma simplifié de la grotte Cosquer

Variation du niveau de la mer (m)



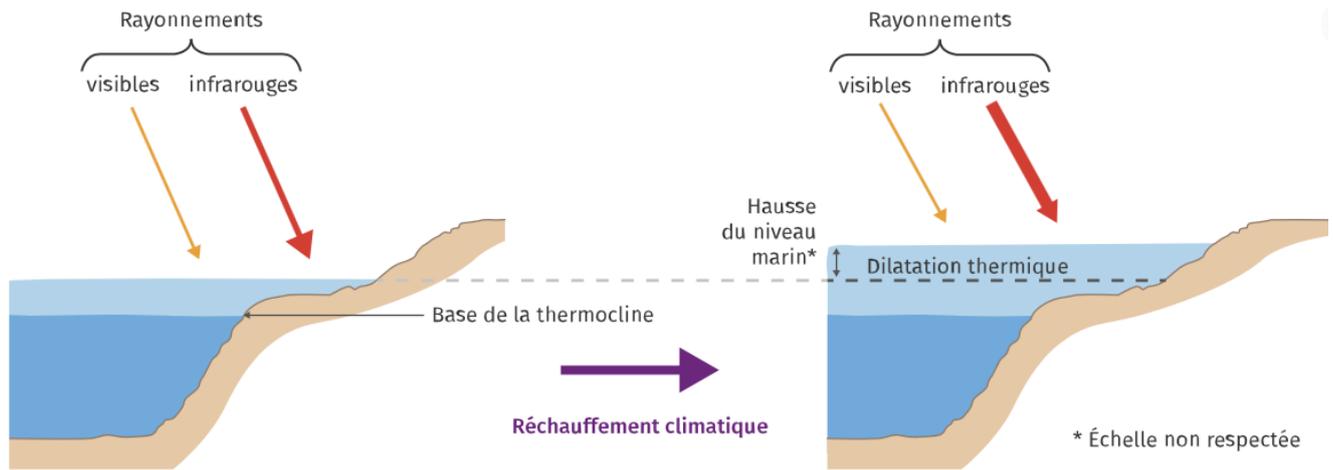
**Reconstitution de la variation du niveau marin depuis le dernier maximum glaciaire.** De nombreux indices, comme les données fossiles, permettent de reconstituer le rivage des côtes passées et donc d'estimer la variation du niveau des océans. *Source : Fleming (K.), et al., EPSL, 1998.*

Variation du niveau marin (cm)



*Source : GIEC 2015*

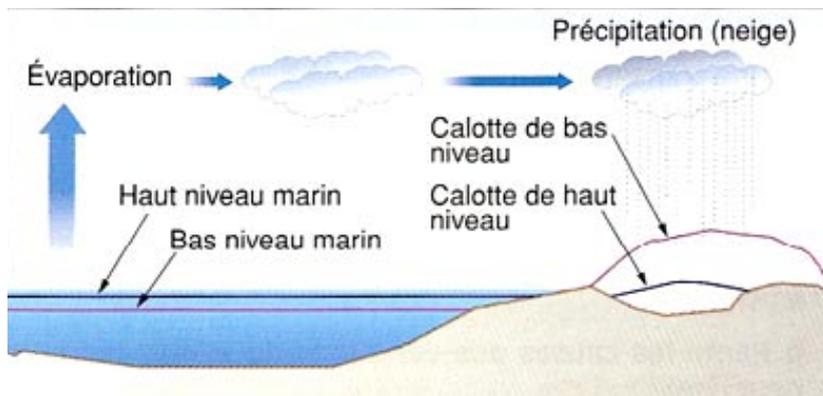
**Variation du niveau marin.** La variation du niveau marin reflète le volume des océans et est déterminée actuellement par des marégraphes, puis complétée par de l'altimétrie satellitaire depuis 1993.



**La dilatation thermique de l'eau.** Il existe dans les océans une profondeur à partir de laquelle la température de l'eau reste à peu près constante. Cette zone nommée thermocline est située aux alentours des 1 000 m de profondeur. La dilatation thermique ne concerne donc que l'eau située au-dessus de cette thermocline. De nombreux effets locaux peuvent amplifier le phénomène : la hausse du niveau marin en cas de réchauffement climatique ne sera donc pas la même partout à la surface du globe.

À pression constante, tous les corps ont un volume qui varie selon la température. Cette variation est fonction de l'espèce chimique ou du mélange considéré. Dans le cas de l'eau pure, le coefficient de dilatation thermique est de  $\alpha = 2,6 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Cela signifie qu'une augmentation de la température de 1 °C pour 1 litre d'eau augmentera son volume de 0,000 26 L, soit 0,26 mL. Ceci peut paraître faible, mais doit être rapporté au volume des océans qui occupent 70 % de la surface du globe. En supposant que la surface des océans est constante, on peut considérer que l'élévation du niveau de la mer  $\Delta e$  est donnée par la relation  $\Delta e = \alpha \times \Delta T \times e$  avec  $\Delta T$  l'élévation de la température en °C et  $e$  l'épaisseur de l'eau subissant la dilatation thermique.

Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020 et Magnard 2020

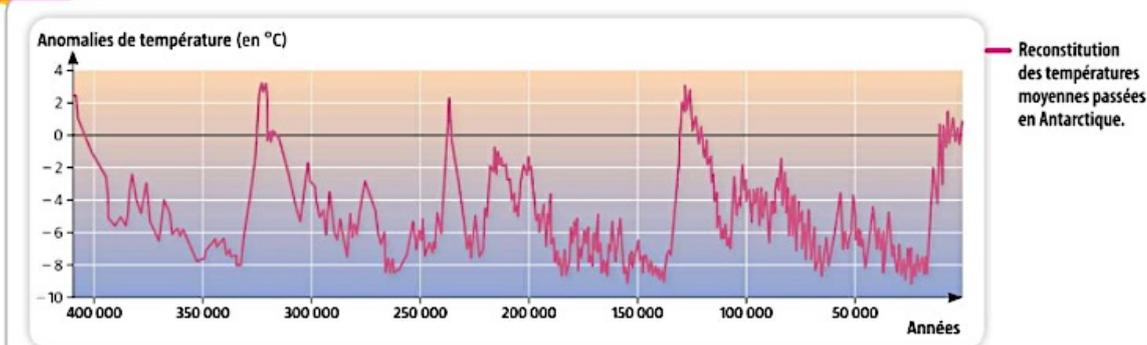


**Formation et destruction des calottes glaciaires et variation du niveau marin**

On estime qu'il y avait 52 millions de km<sup>3</sup> de glace continentale en plus lors du dernier maximum glaciaire. Aujourd'hui, le volume moyen est à présent de 32 millions de km<sup>3</sup>. On rappelle que le rayon de la Terre est d'environ 6370km, et que les océans couvrent 70% de la surface terrestre. On admettra pour faciliter les calculs que la glace des glaciers, soumise à de fortes pressions, a la même masse volumique que l'eau.

Déterminer l'origine de la montée des eaux pour les différentes époques visibles sur les graphes. Pour cela, vous pouvez déterminer graphiquement l'augmentation du niveau marin, puis calculer la variation de température si cette augmentation était uniquement due à la dilatation thermique, puis à la fonte des glaces et comparer vos résultats avec le document ci-dessous pour valider ou non vos calculs (raisonnement par l'absurde pour une partie du graphe).

**Doc 1 La température moyenne terrestre, un indicateur du climat global**

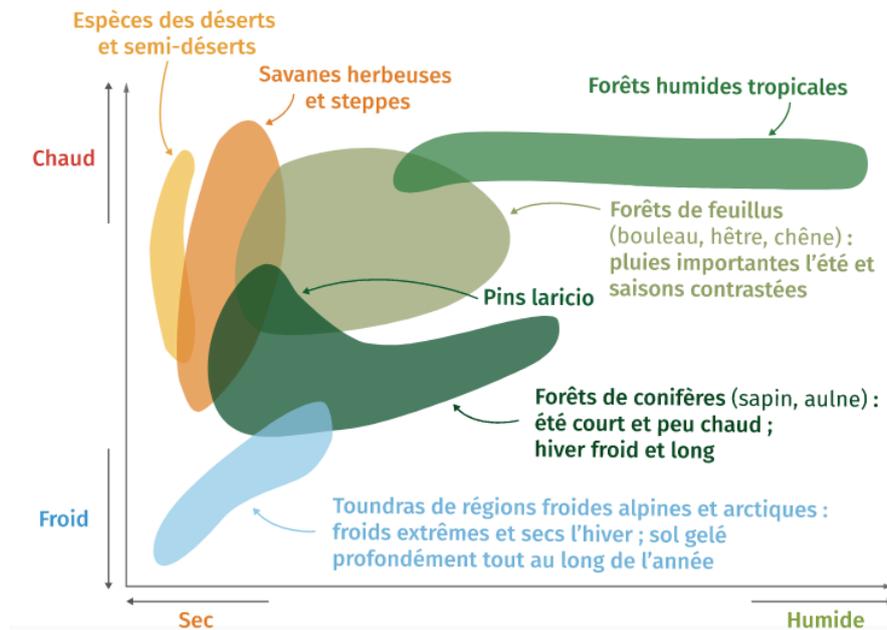


### Groupe 2D : Les variations des espèces végétales



La palynologie étudie les grains de pollens retrouvés dans des sols anciens, comme ceux des tourbières. En déterminant à quelles espèces appartiennent les grains de pollens retrouvés, on peut avoir une idée du climat régional à différentes époques.  
Source : Tle Enseignement scientifique Nathan 2020

### 3 Mener une étude palynologique



Certaines espèces végétales ne se développent que dans des climats particuliers. Les pollens produits lors de leur reproduction possèdent une paroi très résistante, ce qui favorise leur conservation. Certaines zones comme les tourbières conservent ainsi les pollens produits dans les environs au cours du temps. L'analyse des pollens en fonction de la profondeur, donc du temps, permet alors de reconstituer les climats du passé.

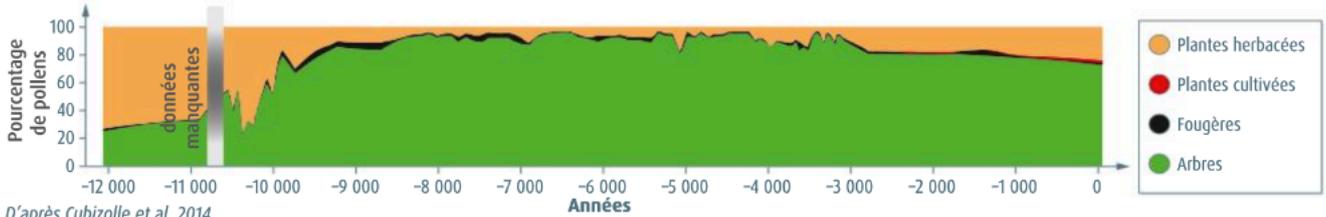
**La diversité des végétaux en fonction des conditions climatiques** Source : Tle Enseignement scientifique LLS 2020

Les variations de climat ont des conséquences sur de nombreux phénomènes à la surface du globe. Par exemple, un refroidissement du climat s'accompagne d'une modification de la végétation et de plus de glaciers à la surface de la Terre. Si ces phénomènes ont lieu dans le passé et ont laissé des indices observables aujourd'hui, ces indices deviennent des indicateurs des climats du passé. C'est le cas de pollens enfouis dans les sédiments des lacs ou de traces laissées dans les paysages par des glaciers anciens. L'analyse de ces indicateurs permet de reconstituer les climats de passé en utilisant le **principe d'actualisme** : « les lois régissant les phénomènes actuels étaient également valables dans le passé ».

**Le principe d'actualisme** Source : Tle Enseignement scientifique Belin 2020



Collecter et dater les pollens des tourbières



D'après Cubizolle et al, 2014

Une tourbière est une zone humide dans laquelle la matière organique se décompose peu : des pollens de plantes de différentes époques restent prisonniers sans se décomposer dans les sédiments qui s'accumulent. Plus on creuse profond, plus on remonte loin dans le temps. L'analyse des pollens permet

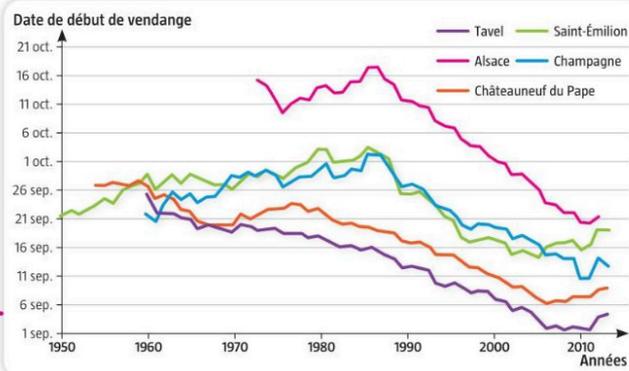
de reconstituer la végétation et donc le climat de l'époque en utilisant le principe d'actualisme. Ainsi, la végétation herbacée domine dans les climats froids ou à proximité des glaciers alors que les arbres se développent dans des climats un peu plus chauds.

**DOC 6** L'analyse des pollens dans la tourbière de la Roche Gourgon (Monts du Forez).

Source : Tle Enseignement scientifique Belin 2020

**Doc 4** Des vendanges de plus en plus précoces, indicateur d'une variation du climat

Les vignerons choisissent la date des vendanges en fonction de la maturité parfaite du raisin, c'est-à-dire essentiellement quand il atteint la quantité de sucre optimale pour le type de vin désiré. Le raisin est mûr d'autant plus vite qu'il a eu la chaleur et l'ensoleillement appropriés.



Variation de la date des vendanges pour plusieurs régions viticoles françaises depuis 1950.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.37

**Travail en salle informatique : Protocole de mesure de l'évolution floristique avec Paléobiomes 2**

- Ouvrir le logiciel *Paléobiomes 2* (dans Menu Démarrer > SVT > Climat) puis Menu (en haut) Représenter les données > Les données polliniques d'un site > Europe
- Dans la nouvelle fenêtre, choisir un site en cliquant sur la case correspondante.
- Une nouvelle fenêtre s'ouvre. Dans le menu en haut vérifier que *taxons* est sélectionné dans Sélectionner les pollens à représenter
- Sélectionner en cochant les taxons significatifs, c'est-à-dire ceux dont le pourcentage représentatif est supérieur à 1%. Par un clic droit, on accède aux caractéristiques des taxons ainsi qu'à leurs préférences climatiques.
- Dans le menu, cliquer sur Représenter la répartition des pollens > Spectre pollinique au cours du temps pour les taxons sélectionnés
- Une nouvelle fenêtre s'ouvre. Pour faire défiler le temps, déplacer le curseur temps en bas de la fenêtre précédente "Base de données polliniques" et observer la modification de la répartition dans la fenêtre "Répartition des pollens du site..."
- faire une copie d'écran avec le logiciel ou avec le raccourci clavier Impr écran avant 11 000 ans, il y a environ 1 siècle et actuellement
- interpréter à l'aide des données du tableau ci-contre

Préférences climatiques des espèces

Climat froid Bouleau ( <i>Betula</i> ) Graminées ( <i>Poaceae</i> ) Renonculées ( <i>Ranunculaceae</i> ) Armoise ( <i>Artemisia</i> )	Climat tempéré frais et humide Aulne ( <i>Alnus</i> )
Climat tempéré, hiver doux, été sec Noisetier ( <i>Corylus</i> ) Chêne ( <i>Quercus</i> )	Climat tempéré à froid, milieu très humide Carex ( <i>Cyperaceae</i> ) Massette ( <i>Typha</i> )
Arbres et arbustes Herbacées	

Source : Tle Enseignement scientifique Hachette 2020

Méthodes d'étude du climat et résultats

**Travail Paléobiome groupe 2...**

**'EXPÉRIENCE'**

- Identifier sous microscope des grains de pollen dans deux échantillons d'époques différentes.
- Réaliser un comptage pour déterminer les proportions relatives de chaque espèce végétale identifiée.
- Réaliser un graphique avec un tableur pour visualiser ces proportions.
- Déterminer à partir du tableau fourni les préférences climatiques des végétaux identifiés.
- Comparer les résultats obtenus pour les deux échantillons afin de reconstituer les variations de la flore et du climat entre les deux époques.

Source : Tle Enseignement scientifique Magnard 2020 p.37

Aide et résultats : [Lienmini.fr/es-tle-c02-05](http://Lienmini.fr/es-tle-c02-05)

OU : comptage mesurim + excel

**Travail en salle informatique : Protocole de mesure de l'évolution floristique avec Mesurim**

- **Ouvrir le logiciel Mesurim(dans Menu Démarrer > SVT)**
- ouvrir les 2 fichiers palyno à l'Holocène (de 11700 ans à l'actuel) et au Pléistocène (de 2,58Ma à 11700 ans)
- Identifier les espèces auxquelles appartiennent ces grains de pollen à l'aide de la planche d'identification des grains de pollen
- compter les grains de pollens de chaque espèce avec le compteur (*Menu Outil > Comptage* puis dans la nouvelle fenêtre définir le nombre de compteurs correspondant au nombre de grains de pollen d'espèces différentes dans le *menu Nombre*).
- **->pb des images peu probantes**

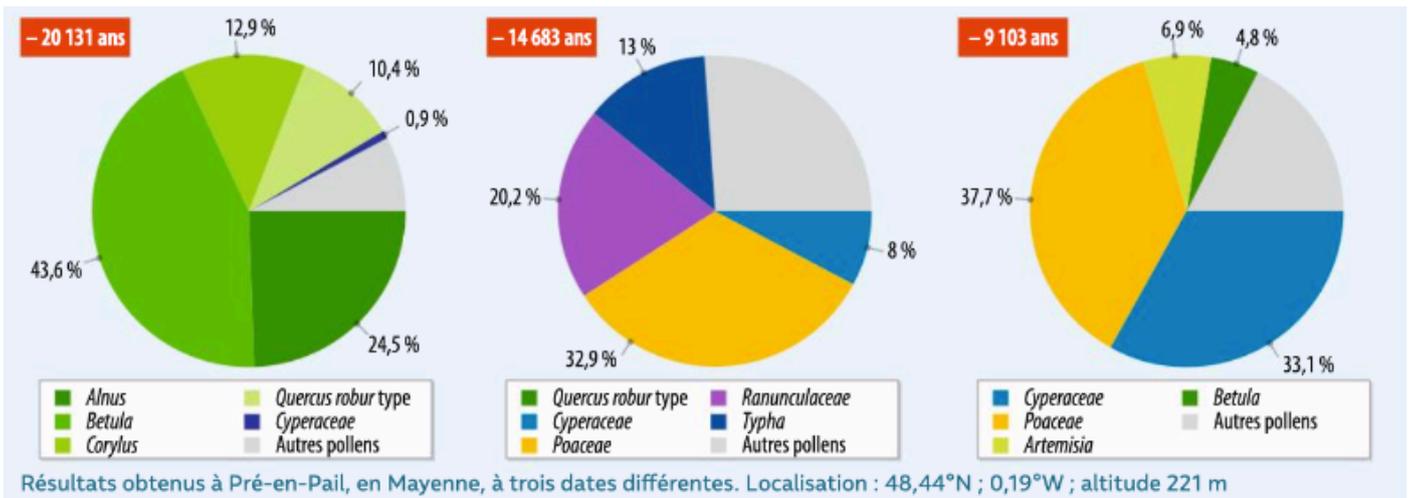
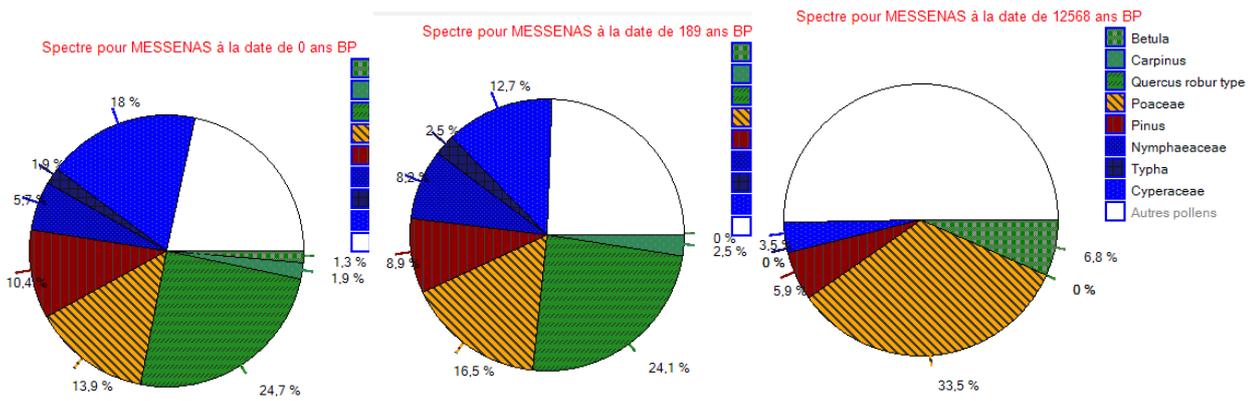
The screenshot displays the Mesurim software interface. On the left, a map of Europe shows the location of site MESSENAS. The main window is divided into several sections:

- Site Information:** Localité: MESSENAS, Age: 0 ans BP, Nom du site: LORAS, Auteur: CLERC, Jeanine, Longitude: 5,24, Latitude: 45,66, Altitude: 410 m.
- Valeurs brutes pour MESSENAS (en %):** A list of pollen species with their counts and percentages. Notable entries include:
 

Abies	2	0,6
Acer	0	0
Alnus	3	0,9
Apiaceae	0	0
Artemisia	1	0,3
Asteraceae	0	0
<b>Betula</b>	<b>4</b>	<b>1,3</b>
Brassicaceae	3	0,9
Buxus	0	0
Calluna	2	0,6
Campanula	0	0
Cannabis/Humulus	0	0
<b>Carpinus</b>	<b>6</b>	<b>1,9</b>
Caryophyllaceae	0	0
Cedrus	0	0
Centaurea	1	0,3
Cerealia type	15	4,7
Chenopodiaceae	1	0,3
Corylus	18	5,7
- Répartition des pollens du site MESSENAS à la date de 0 ans BP:** A pie chart showing the distribution of pollen types. The data is as follows:
 

Species	Percentage
Betula	18%
Carpinus	1,3%
Quercus robur type	1,9%
Poaceae	10,4%
Pinus	13,9%
Nymphaeaceae	24,7%
Typha	5,7%
Cyperaceae	1,9%
Autres pollens	1,3%

Thème 1 : Science, climat et société - Chapitre 1.2 : La complexité du système climatique



Source : Tle Enseignement scientifique Hachette 2020