

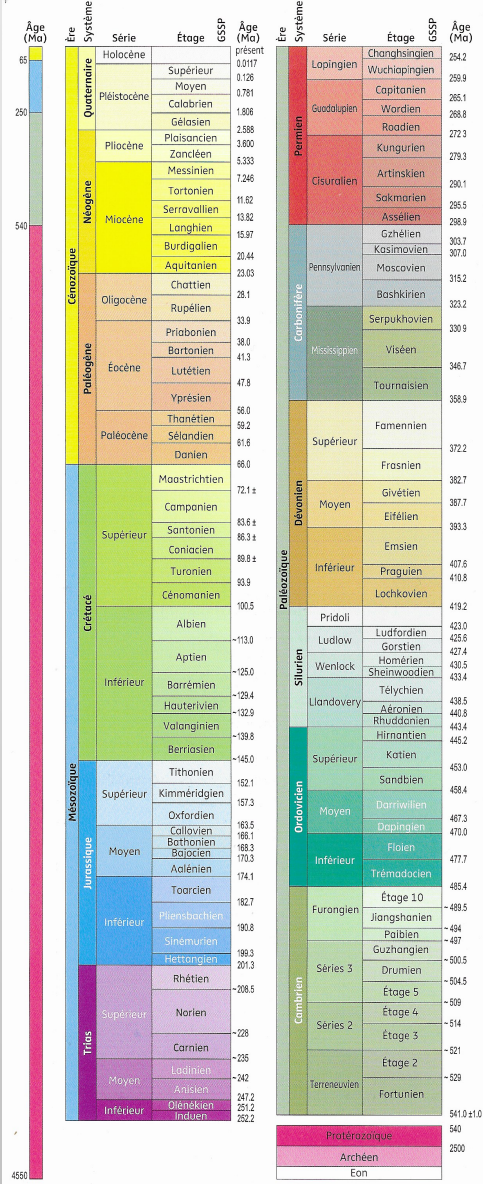
Thème E : Les climats de la Terre

Chapitre E1 : Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

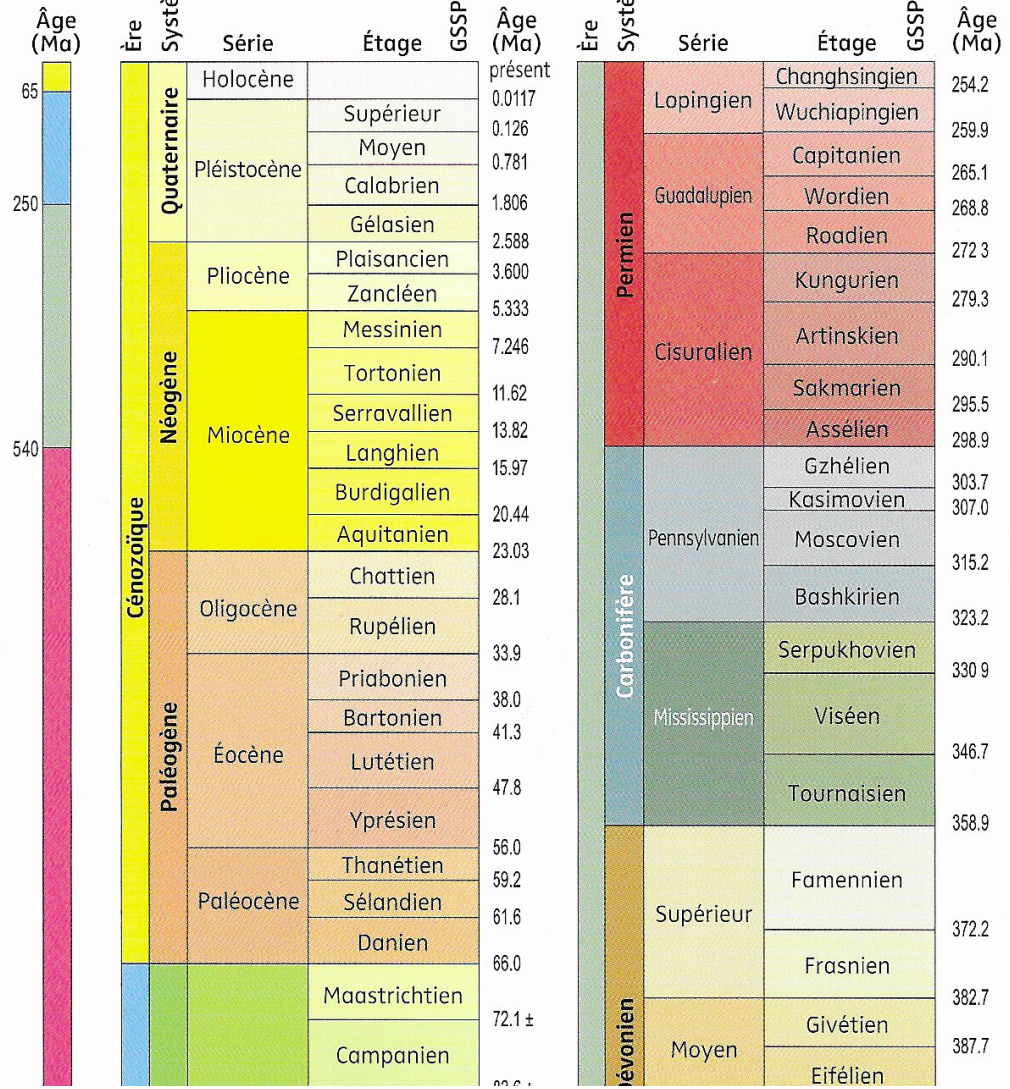
Problématique : Quels indices permettent aux scientifiques de reconstituer les climats du passé et comment déterminent-ils les causes des variations climatiques ?

I. Les variations climatiques de la période quaternaire (-2,5 Ma à l'actuel)

ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE



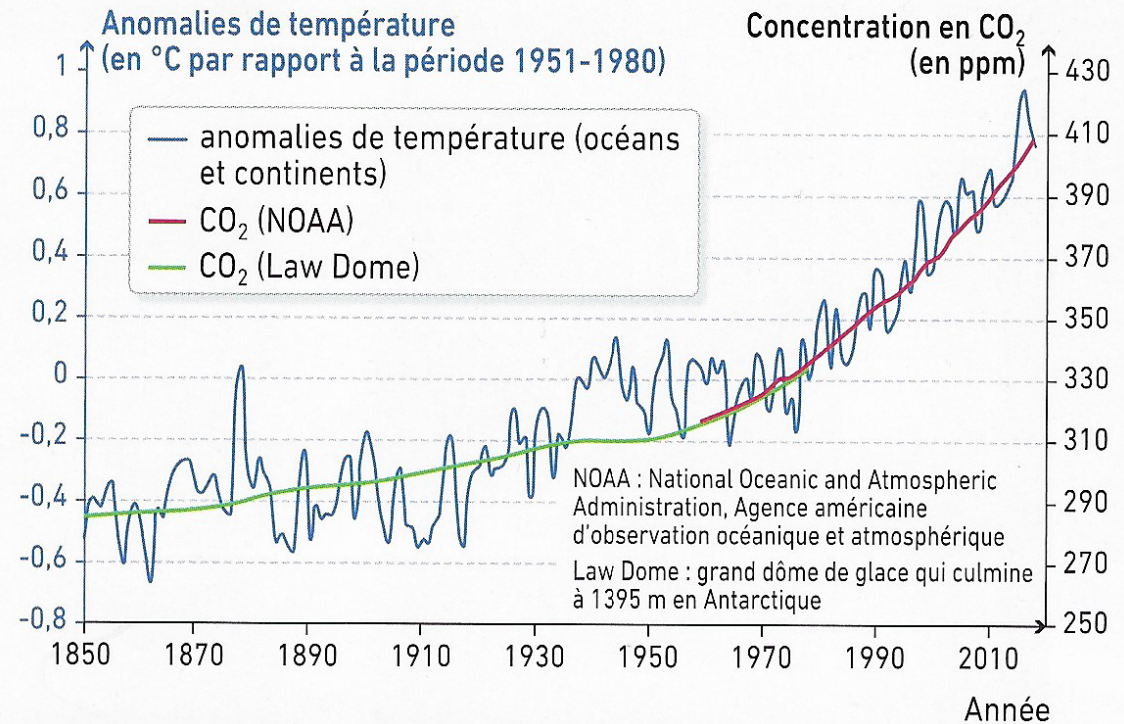
ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE



1) Le climat depuis 150 ans

Température terrestre et concentration en CO₂ atmosphérique

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un des principaux **gaz à effet de serre***. Bien que présent en faible quantité dans l'atmosphère, il a un impact important sur le climat global. L'évolution du taux de CO₂ atmosphérique a pu être reconstituée à partir de bulles d'air emprisonnées dans les glaces polaires. Depuis 1960, il est suivi en permanence, par mesure directe, notamment à l'observatoire atmosphérique d'Hawaï, dans l'océan Pacifique. Le graphe ci-contre présente ces variations, ainsi que les anomalies de la température terrestre par rapport à la moyenne des températures sur la période 1951-1980.




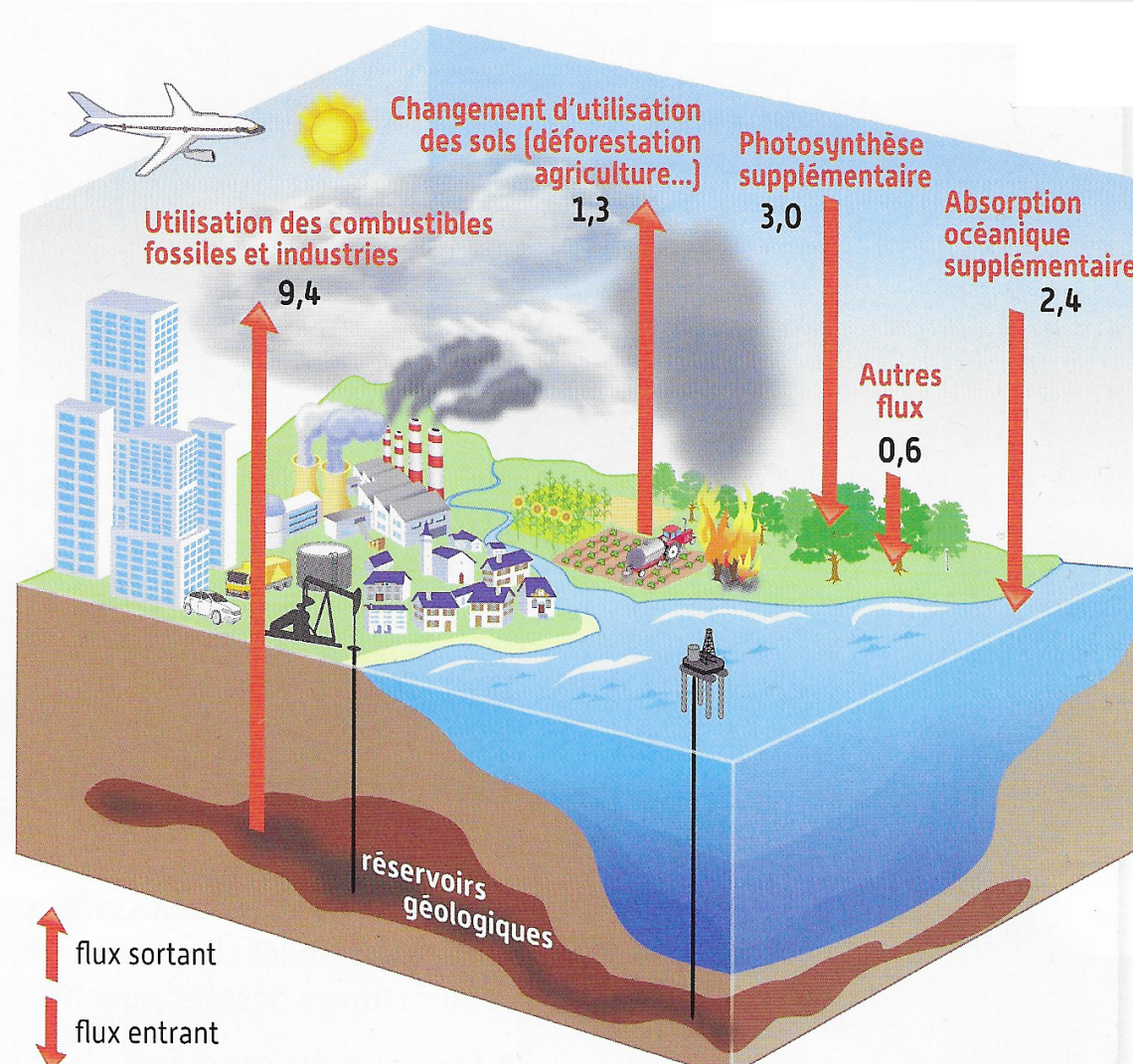
■ Anomalies moyennes globales de température et concentration en CO₂ atmosphérique depuis 1850.

Le cycle du carbone perturbé par l'Homme

L'élément carbone se trouve sur Terre dans différents réservoirs et sous différentes formes. Les molécules carbonées sont soumises à des échanges naturels entre ces réservoirs (flux de carbone), qui impliquent des processus chimiques, physiques ou biologiques. Ces flux se mesurent en milliard de tonnes de carbone échangé chaque année. Le **cycle du carbone*** est dit équilibré quand les flux entrants et sortants de chaque réservoir sont égaux. Malheureusement, les activités humaines déséquilibrent fortement le cycle du carbone depuis les révolutions industrielles.

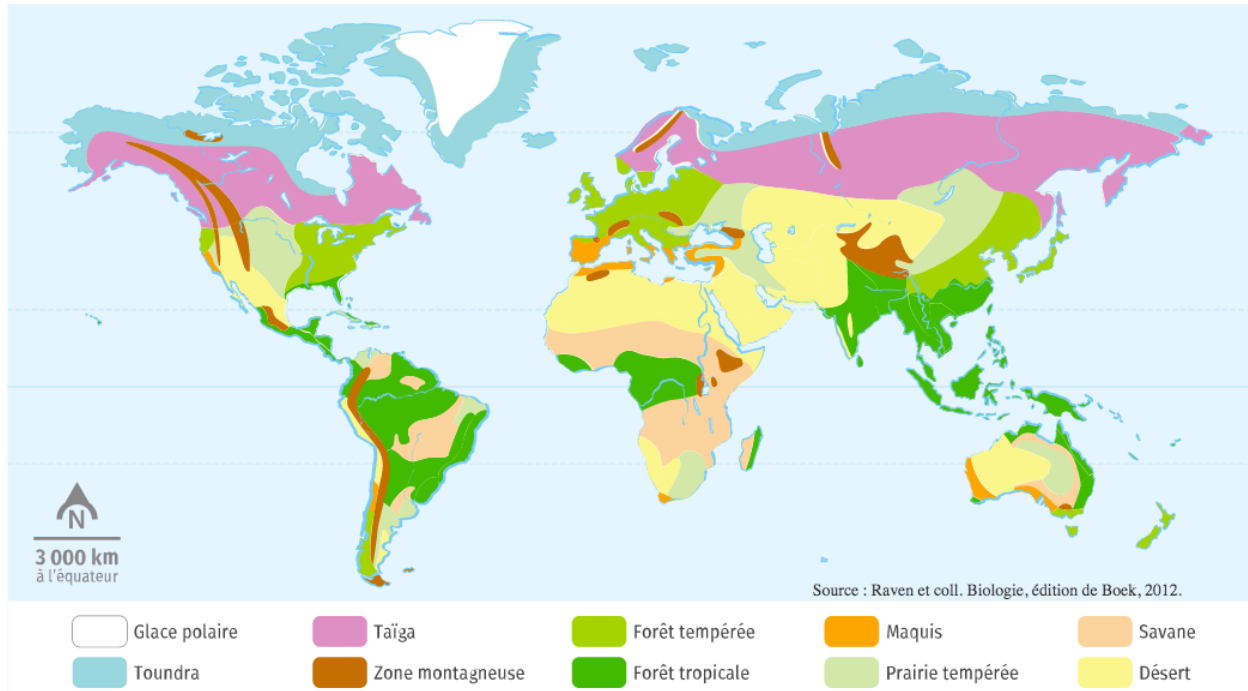
L'augmentation annuelle est de 4,7 milliards de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère.

 **Perturbations anthropiques***
du cycle du carbone (en milliard de tonnes de carbone par an).



En
gigatonnes
de C par an

Carte des biomes terrestres



Toundra : caractérisées par des prés mousses, lichen, herbacées et des arbres nains. Environnement très rude caractérisé par une forte exposition au vent, de la végétation éparse et des affleurements rocheux. T° : entre -5°C et -15°C

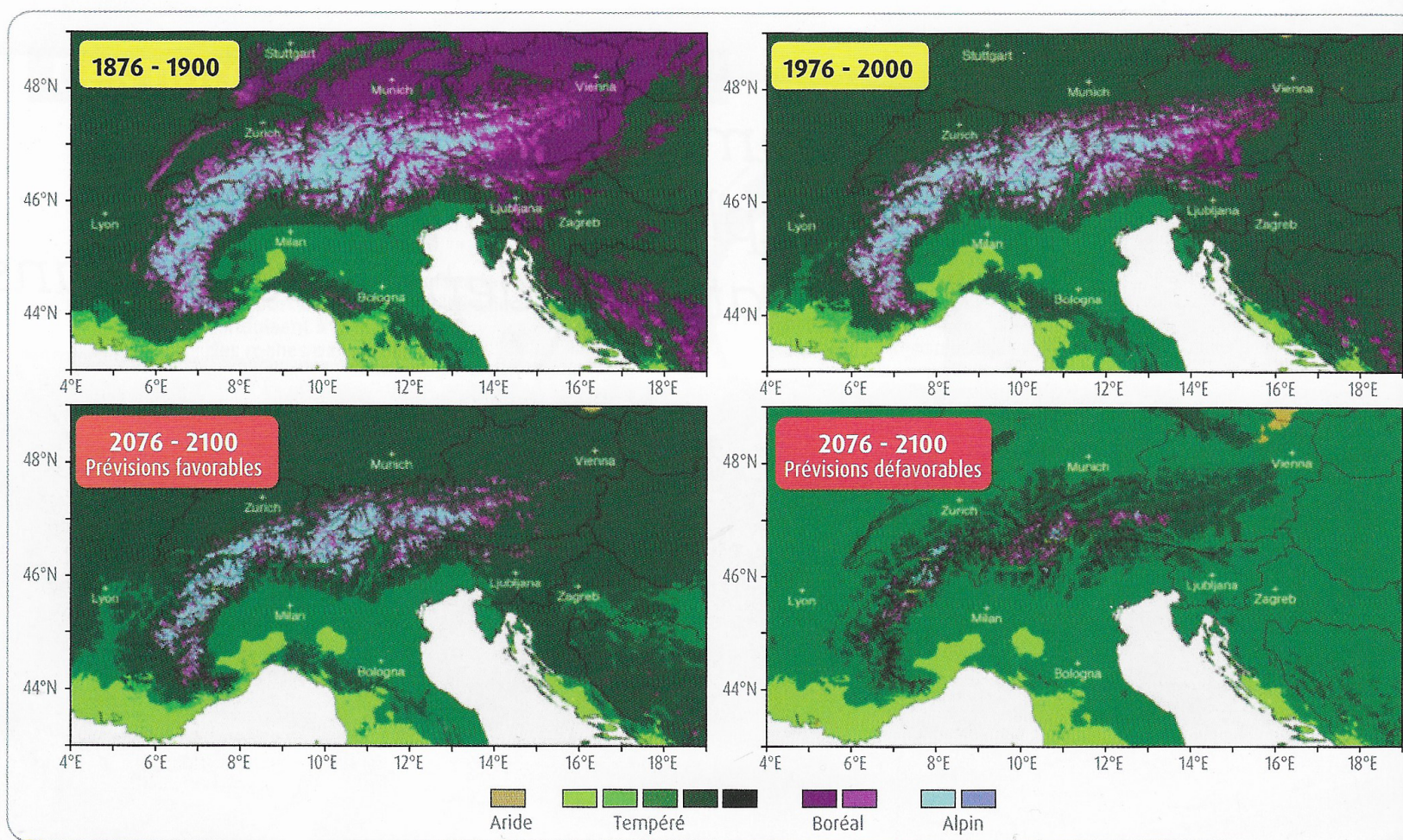


Forêt boréale : Taïga : Elle est constituée d'arbres tolérants au froid : conifères et de nombreuses espèces résineuses ([pins](#), [épinettes](#), [mélèzes](#), [sapins](#) et [thuyas](#)) et de quelques arbres feuillus (peupliers et bouleaux). T° entre 3°C et -5°C

Forêt mixte : essentiellement composée d'[arbres](#) à feuilles [caduques](#) (chênes, hêtres, noisetiers ...). T° entre 3°C et 15°C

Forêt décidue : La forêt tempérée peuplée d'arbres aux feuilles caduques. Milieux où les [précipitations](#) sont abondantes et fréquentes. T° entre 10°C et 20°C

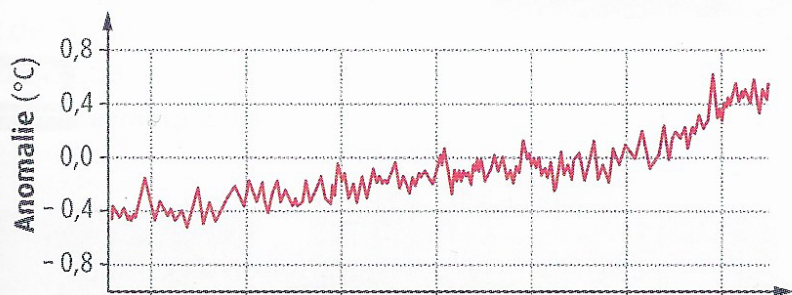
Carte d'évolution des biomes des Alpes



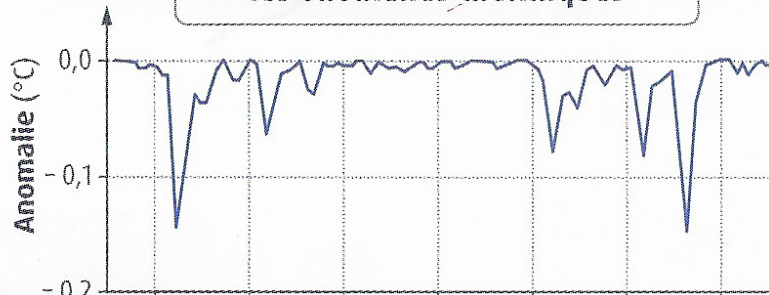
1 Carte de l'évolution des biomes des Alpes. Un biome est une vaste région biogéographique s'étendant sous un même climat. Il peut être marin (récif, mangrove, etc.) ou continental (forêt tropicale, montagnard, désert, etc.).

Evolution de plusieurs paramètres entre 1880 et 2010

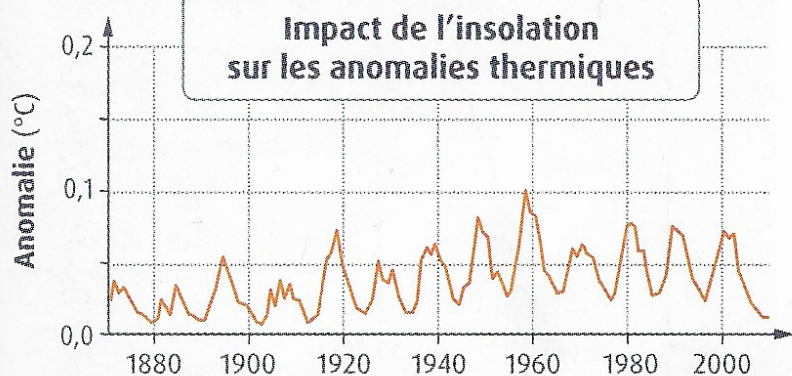
Anomalies thermiques entre 1876 et 2010



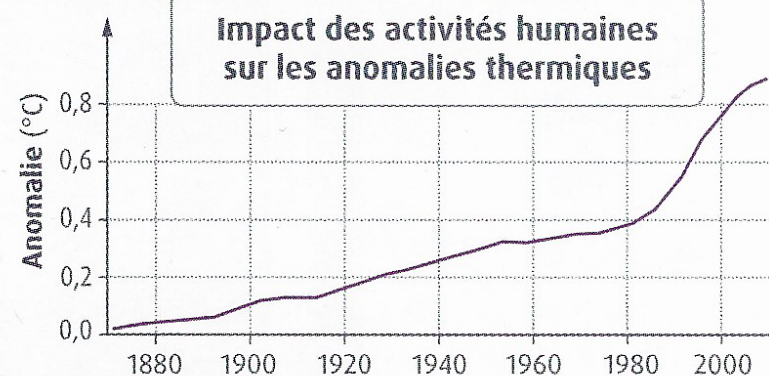
Impact du volcanisme sur les anomalies thermiques



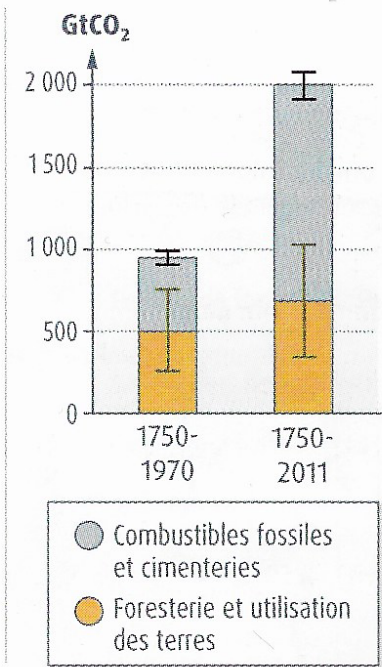
Impact de l'insolation sur les anomalies thermiques



Impact des activités humaines sur les anomalies thermiques



Émissions anthropiques de GES

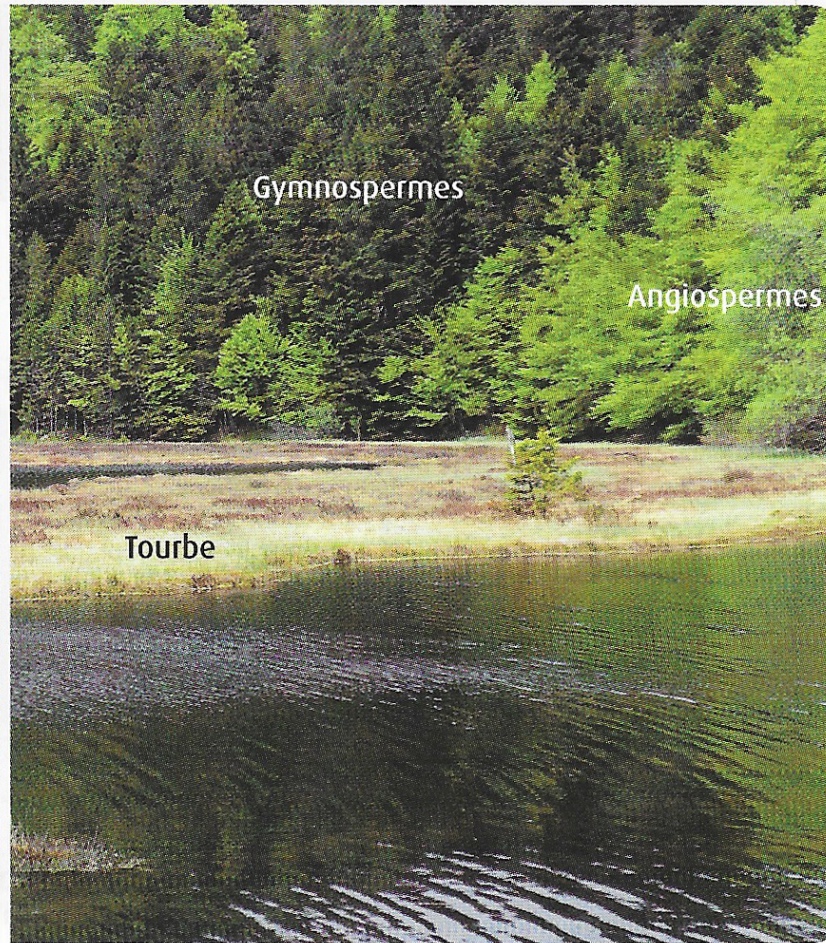
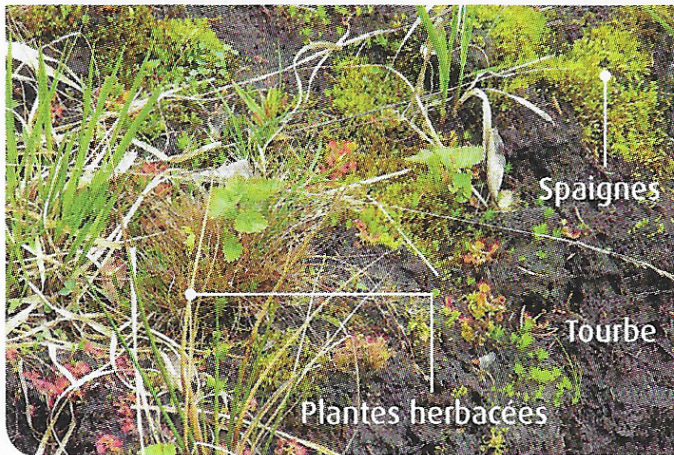
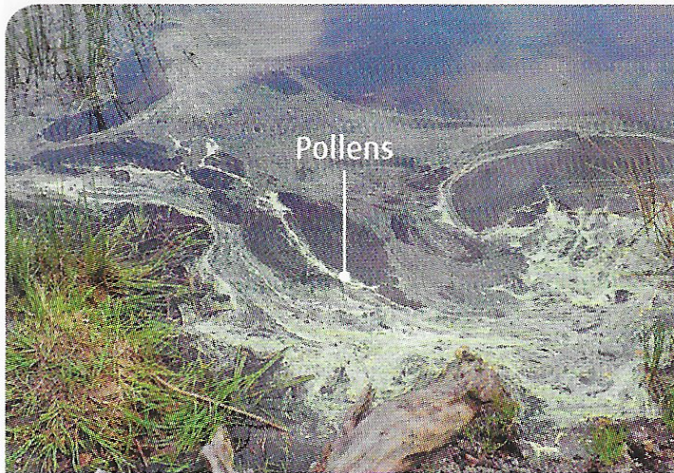


Évolution de quelques paramètres entre 1880 et 2010. Les anomalies correspondent à l'écart de la température avec la moyenne relevée entre 1961 et 1990. GES : gaz à effet de serre, Gt: gigatonnes (10⁶ tonnes). Données du Giec.

2) Les indices climatiques du Quaternaire

Les indices paléo-écologiques fournis par les pollens

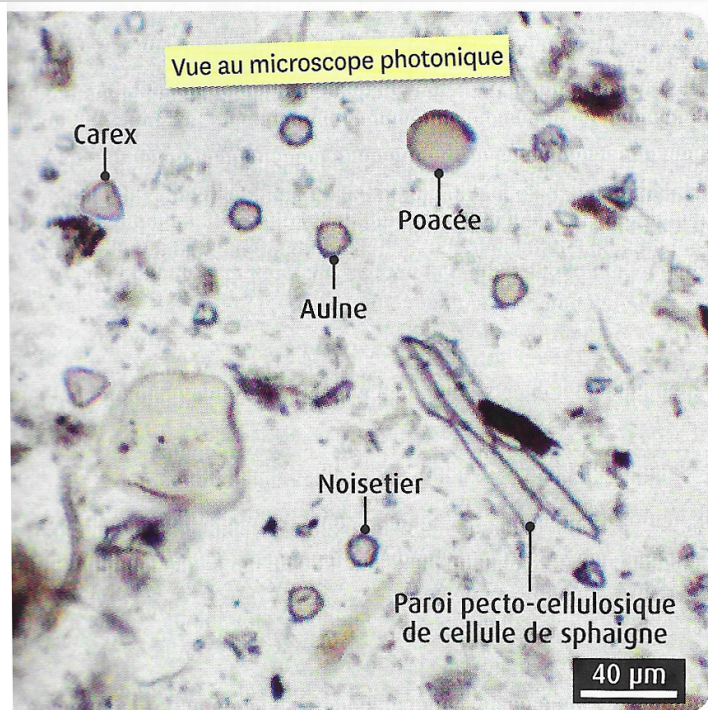
Les tourbières



1 Une tourbière dans les Vosges. Les tourbières sont des environnements humides où prolifèrent des mousses : des sphaignes. Les parties basales de ces dernières se décomposent peu dans ces environnements mal oxygénés. Au cours du temps, ceci forme la tourbe. Ces tourbières reçoivent les pollens des différentes espèces végétales qui poussent aux environs. Chaque couche de tourbe est contemporaine du biome qui l'entoure. Ainsi, au cours du temps, la succession des biomes et donc du climat sont enregistrés.

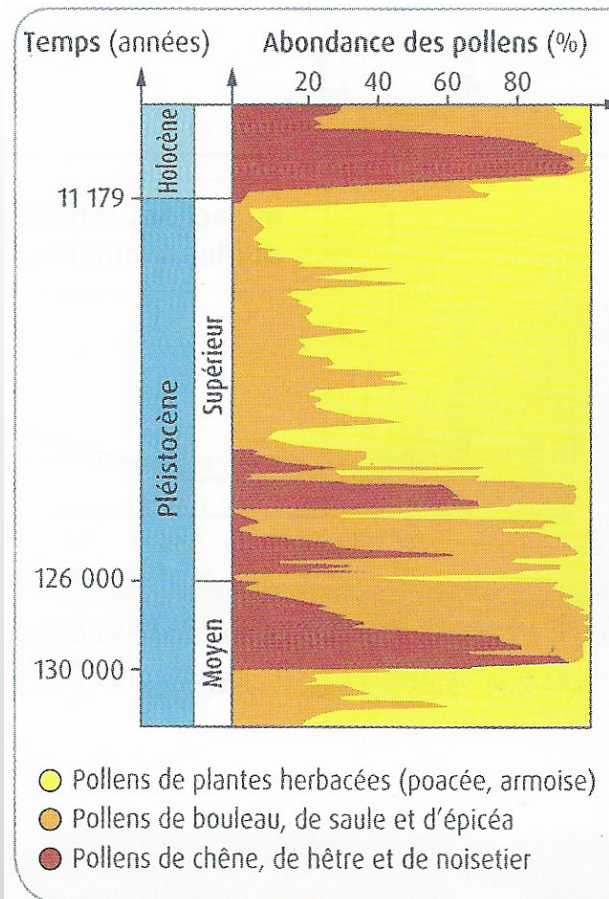
Tourbière : Zone humide (lac) caractérisée par l'accumulation progressive de tourbe, un sol noirâtre formé à la suite de l'accumulation sur de longues périodes de temps de matière organique morte, essentiellement des végétaux, dans un milieu saturé en eau

La palynologie : l'étude des pollen



2 Extrait de tourbe vosgienne récente. Carex et aulne vivent en milieu humide ; les poacées sont résistantes au froid et à la sécheresse ; le noisetier résiste au froid mais pas à la sécheresse. Ces différentes espèces sont compatibles avec l'environnement d'un climat de basse montagne humide.

Diagramme pollinique d'une tourbière des Vosges



Taxon	Préférences thermiques (°C)	Préférences environnementales
Poacée	- 18 à +21	résiste aux grands froids et à la sécheresse
Bouleau	- 16 à +21	résiste au froid et craint la sécheresse
Saule	- 16 à +21	résiste aux climats froids et craint la sécheresse
Chêne	- 14 à +22	préfère les climats tempérés chauds
Noisetier	- 14 à +22	résiste au froid, craint la sécheresse
Hêtre	- 7 à +23	craint les gelées de printemps
Armoise	- 16 à +27	résiste au froid et à la sécheresse
Épicéa	- 17 à +21	résiste au froid

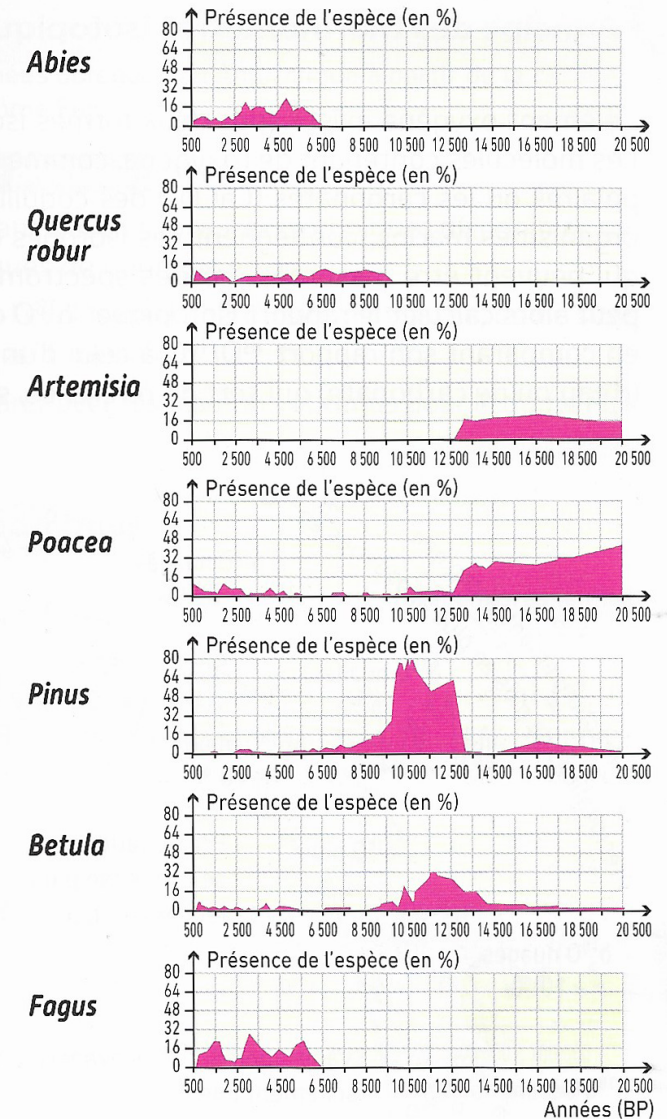
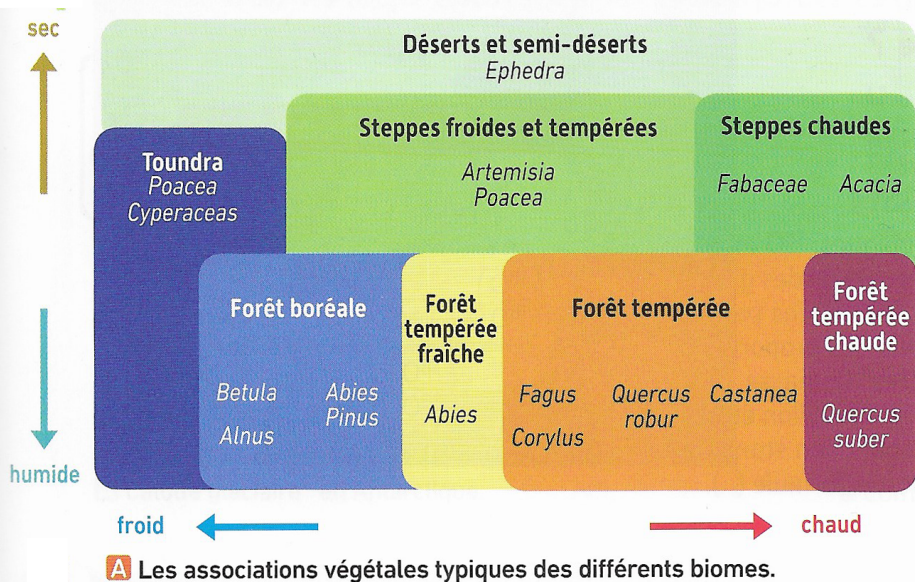
3 Diagramme pollinique de la tourbière de Grande Pile (Vosges du Sud). Une carotte de tourbe de 20 mètres d'épaisseur a été datée par différentes méthodes, notamment par le ^{14}C . Les pollens extraits à chaque niveau ont été déterminés et comptés afin de réaliser le diagramme pollinique. Les préférences environnementales des taxons retrouvés sont indiquées dans le tableau.

Diagramme pollinique en Suisse dans les sédiments du lac d'Amsoldingen

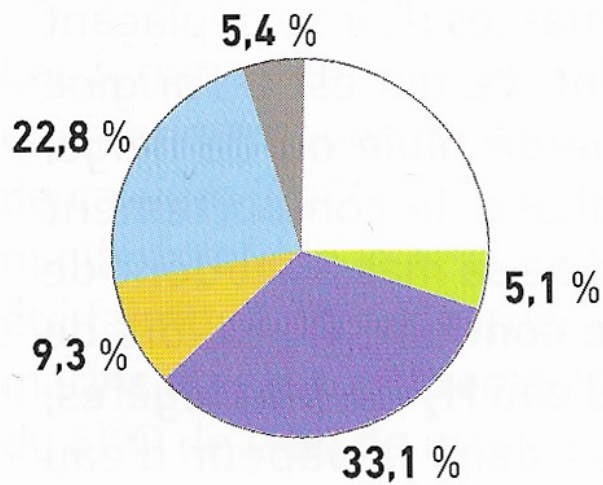
L'analyse des grains de pollen dans une carotte sédimentaire permet de connaître les associations de végétaux et les biomes* qui se sont succédé dans un lieu. L'application du principe d'actualisme permet d'en déduire les conditions climatiques qui régnaient localement dans le passé, et leurs éventuels changements (A).

Les graphes (B) ont été construits grâce à une étude quantitative des pollens contenus dans les sédiments du lac

d'Amsoldingen, en Suisse. Deux niveaux ont été analysés, l'un a été daté à 1 438 ans BP* (*Before present*) et l'autre à 13 600 ans BP. Chacun de ces **spectres polliniques*** fournit un aperçu de la végétation à une époque donnée. Lorsque l'on dispose de nombreux spectres d'âges différents, il est possible d'établir des **diagrammes polliniques***, qui présentent l'évolution de l'abondance relative des pollens d'une espèce au cours du temps. Ce travail a été réalisé pour sept espèces du lac d'Amsoldingen (C), à l'aide du logiciel *Paléobiomes 2*. Seules les espèces les plus typiques de certains biomes ont été présentées.

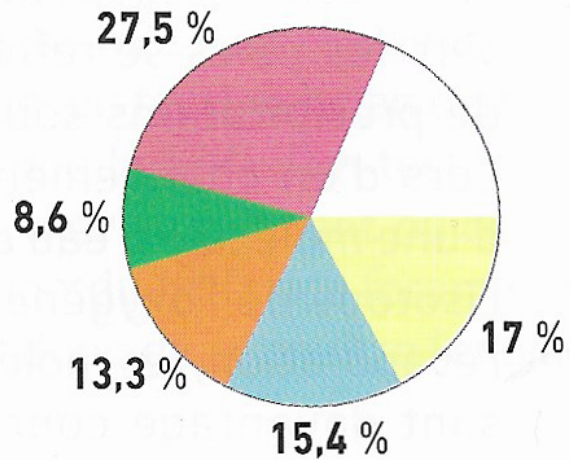


C Diagramme pollinique du lac d'Amsoldingen établi pour sept espèces caractéristiques.



- Abies*
- Corylus*
- Alnus*
- Fagus*
- Quercus robur*
- autres pollens (< 5 % chacun)

à 3,20 m de profondeur
1 438 ans BP



- Artemisia*
- Cyperaceae*
- Betula*
- Helianthemum*
- Poaceae*
- autres pollens (< 4 % chacun)

à 10,75 m de profondeur
13 600 ans BP

B Spectres polliniques établis pour deux époques différentes dans les sédiments du lac d'Amsoldingen.