

Déroulé des séances

Ce travail a pour objectif de développer les 3 objectifs généraux de cet enseignement, à savoir :

- Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration (application mathématique et étude de diverses méthodes permettant de reconstituer les climats passés)
- Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques (par la réalisation du TP)
- Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et l'environnement (travail ancré dans l'actualité de discours niant le dérèglement du climat)

L'objectif de ces 4 activités est de traiter la partie « La complexité du système climatique » du thème I sur le climat du programme de Terminale Enseignement scientifique, et permettent de travailler les savoir-faire suivants :

- Distinguer sur un document des données relevant du climat d'une part, de la météorologie d'autre part.
- Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques.
- Identifier des traces géologiques de variations climatiques passées (pollens, glaciers).

L'articulation de ces 4 activités peut se faire en classe entière, comme en demi-groupe, ou encore en ateliers tournant, avec l'adaptation de l'activité pratique (montage et observation de lames de pollens) en travail dirigé, et est pensée pour un volume horaire de trois heures. Cela permet une adaptation de la séquence aux nombreuses situations d'enseignement de cette discipline selon les établissements.

La situation déclenchante consiste à visionner les extraits d'un discours de l'ancien président américain Trump niant le dérèglement du climat. Chaque atelier amène un argument permettant de contrer son discours.

La production finale de chaque binôme d'élève consiste en une réponse argumentée permettant de montrer la non-recevabilité des propos tenus par le président au regard d'arguments scientifiques. La fin de ce travail amène au chapitre suivant sur le climat du futur, la modélisation du climat étant indispensable pour tester l'affirmation du président « ça se refroidira ».

Atelier (TP) : Les pollens pour reconstituer l'évolution du climat Terrestre

Objectif : Comprendre comment les scientifiques sont capables de retracer l'évolution du climat de la Terre.

Consigne : Utilisez les différents documents à votre disposition et le matériel expérimental pour montrer comment les scientifiques sont capables de retracer l'évolution du climat terrestre dans une région afin de porter un avis critique sur la vidéo observée.

Modalités : 25 minutes en binôme.

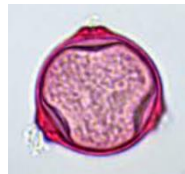
Document 1 : Prélèvement et datation de pollens dans une carotte de tourbe

Les pollens sont très différents selon les espèces qui les produisent, ce qui les rend faciles à déterminer. Ils sont également très résistants ; ils perdurent ainsi dans le temps.

Une carotte de tourbe a été prélevée dans les Vosges en France (photos ci-contre). L'âge des échantillons a été déterminé, et varie selon la profondeur à laquelle ils sont prélevés. Plus on s'enfonce sous terre, plus les dépôts sont anciens.



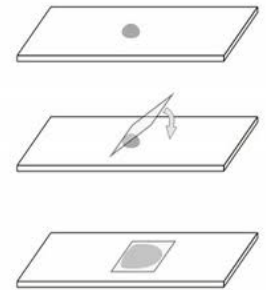
Aujourd'hui : Échantillon 2 (ci-dessous)



- 20 000 ans : Échantillon 1 (microscope)

Protocole de préparation et d'interprétation d'une lame de pollen observée au microscope

- 1) Avec une pipette compte-goutte, déposer une goutte de pollen de l'échantillon 1 ;
- 2) Déposer une lamelle sur la goutte ;
- 3) Observer au microscope au grossissement x400 ;
- 4) Utilisez la clé de détermination pour identifier les pollens observés ;
- 5) Utilisez les documents 1 et 2 pour conclure sur l'évolution du climat sur la période d'étude.

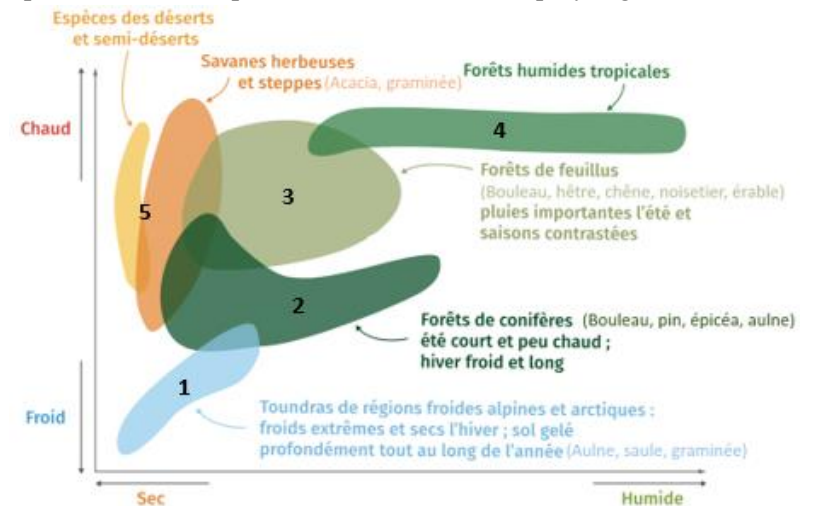


Document 2 : Lien entre végétation et climats

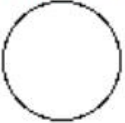
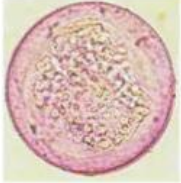



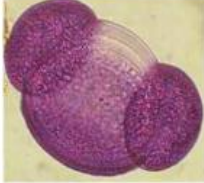

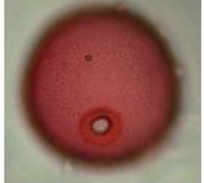
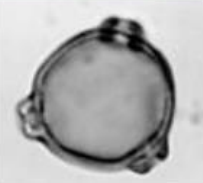
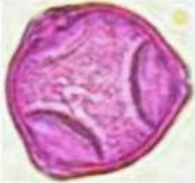
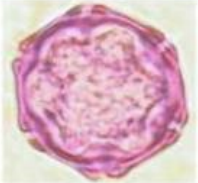
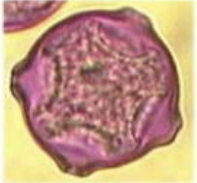
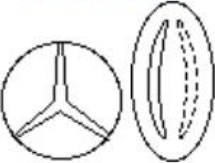

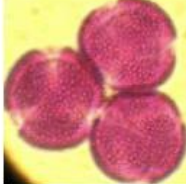
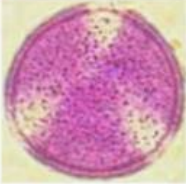

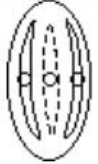




Le climat d'une région est très dépendant de la température et de l'humidité qui y règne.

Ces conditions climatiques influencent les plantes qui y vivent, et ne se développent que dans des climats qui leurs sont spécifiques.

On distingue ainsi 5 grands types de climat : le climat froid (1), le climat continental (2), le climat tempéré (3), le climat tropical (4) et le climat désertique (5).



Clé de détermination de différents pollens

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|
| <p>Pollen sans sillon ni pore</p>  | Grains isolés | | Grains avec ballonnets | | |
| |  <p style="text-align: center;">Mélèze</p> |  <p style="text-align: center;">Cypéracées</p> |  <p style="text-align: center;">Cèdre <i>Taille du grain 70 à 80 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Pin <i>Taille du grain 40 à 50 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Sapin <i>Taille du grain 80 à 100 µm</i></p> |
| <p>Pollen avec pores</p>  | Pollen monoporé | | Pollen triporé (présence de 3 pores) | | Pollen stéphanoporé (pores équatoriaux) |
| |  <p style="text-align: center;">Poacées (graminées) <i>Petit grain, pore annelé</i></p> |  <p style="text-align: center;">Bouleau <i>Grain < 20 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Noisetier <i>Grain < 20 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Aulne glutineux <i>Exine lisse</i></p> |  <p style="text-align: center;">Charme <i>Exine granulée</i></p> |
| <p>Pollen avec sillon</p>  | Pollen tricolpé (présence de 3 sillons) | | | | |
| |  <p style="text-align: center;">Chêne <i>Exine épaisse et verruquée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Frêne <i>Exine épaisse et réticulée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Renoncule <i>Exine ondulée ou verruquée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Colza (Brassica) <i>Exine épaisse et réticulée</i></p> | |
| <p>Pollen avec pores et sillons</p>  | Pollen tricolporé (trois sillons au milieu desquels s'ouvrent les pores) | | Pollen péricolpé | | |
| |  <p style="text-align: center;">Hêtre <i>Exine à petits points</i></p> |  <p style="text-align: center;">Armoise <i>Exine ondulée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Ambroisie <i>Exine épineuse</i></p> |  <p style="text-align: center;">Oseille (rumex) <i>Exine mince et réticulée</i></p> | |

Atelier (TD) : Le pollens pour reconstituer l'évolution du climat Terrestre

Objectif : Comprendre comment les scientifiques sont capables de retracer l'évolution du climat de la Terre.

Consigne : Utilisez les différents documents à votre disposition pour montrer comment les scientifiques sont capables de retracer l'évolution du climat terrestre dans une région afin de porter un avis critique sur la vidéo observée.

Modalités : 25 minutes en binôme.

Document 1 : Prélèvement et datation de pollens dans une carotte de tourbe

Les pollens sont très différents selon les espèces qui les produisent, ce qui les rend faciles à déterminer. Ils sont également très résistants ; ils perdurent ainsi dans le temps.

Une carotte de tourbe a été prélevée dans les Vosges en France (photos ci-contre).

L'âge des échantillons a été déterminée, et varie selon la profondeur à laquelle ils sont prélevés. Plus on s'enfonce sous terre, plus les dépôts sont anciens.



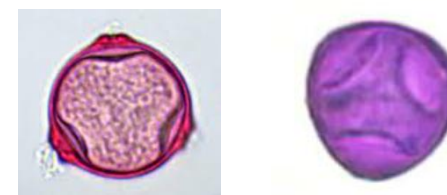
Aujourd'hui : Échantillon 2

- 20 000 ans : Échantillon 1

Photographies microscopiques des observations de l'échantillon 1



Photographies microscopiques des observations de l'échantillon 2

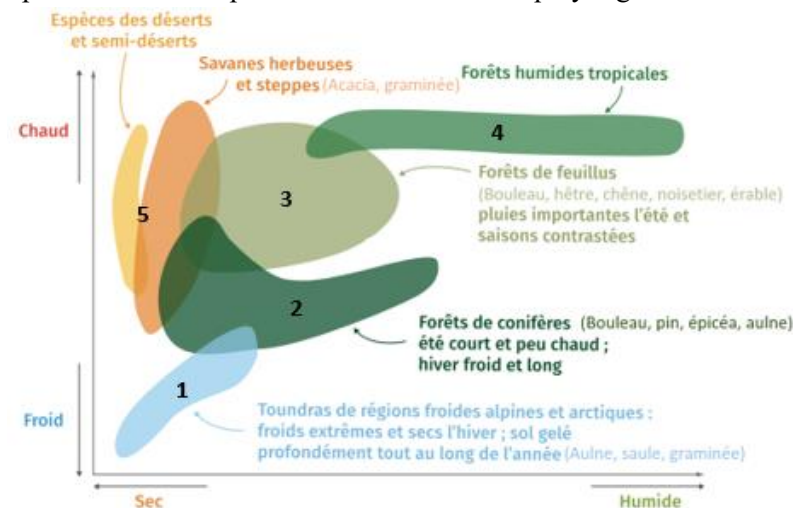


Document 2 : Lien entre végétation et climats

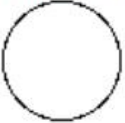
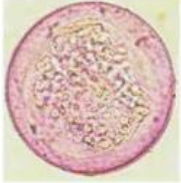



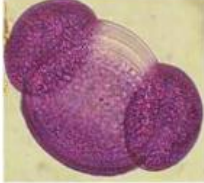

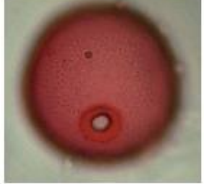
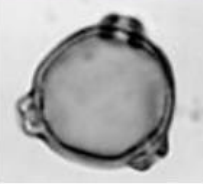
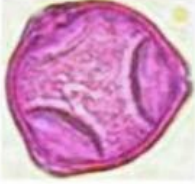
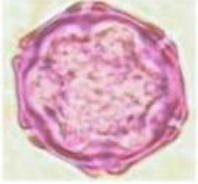
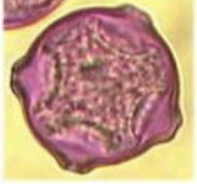


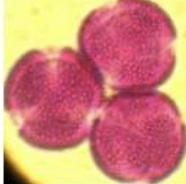
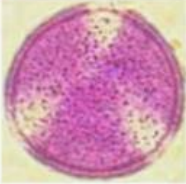

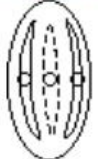




Le climat d'une région est très dépendant de la température et de l'humidité qui y règne.

Ces conditions climatiques influencent les plantes qui y vivent, et ne se développent que dans des climats qui leurs sont spécifiques.

On distingue ainsi 5 grands types de climat : le climat froid (1), le climat continental (2), le climat tempéré (3), le climat tropical (4) et le climat désertique (5).



Clé de détermination de différents pollens

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|
| <p>Pollen sans sillon ni pore</p>  | Grains isolés | | Grains avec ballonnets | | |
| |  <p style="text-align: center;">Mélèze</p> |  <p style="text-align: center;">Cypéracées</p> |  <p style="text-align: center;">Cèdre <i>Taille du grain 70 à 80 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Pin <i>Taille du grain 40 à 50 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Sapin <i>Taille du grain 80 à 100 µm</i></p> |
| <p>Pollen avec pores</p>  | Pollen monoporé | | Pollen triporé (présence de 3 pores) | | Pollen stéphanoporé (pores équatoriaux) |
| |  <p style="text-align: center;">Poacées (graminées) <i>Petit grain, pore annelé</i></p> |  <p style="text-align: center;">Bouleau <i>Grain < 20 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Noisetier <i>Grain < 20 µm</i></p> |  <p style="text-align: center;">Aulne glutineux <i>Exine lisse</i></p> |  <p style="text-align: center;">Charme <i>Exine granulée</i></p> |
| <p>Pollen avec sillon</p>  | Pollen tricolpé (présence de 3 sillons) | | | | |
| |  <p style="text-align: center;">Chêne <i>Exine épaisse et verruquée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Frêne <i>Exine épaisse et réticulée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Renoncule <i>Exine ondulée ou verruquée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Colza (Brassica) <i>Exine épaisse et réticulée</i></p> | |
| <p>Pollen avec pores et sillons</p>  | Pollen tricolporé (trois sillons au milieu desquels s'ouvrent les pores) | | Pollen péricolpé | | |
| |  <p style="text-align: center;">Hêtre <i>Exine à petits points</i></p> |  <p style="text-align: center;">Armoise <i>Exine ondulée</i></p> |  <p style="text-align: center;">Ambroisie <i>Exine épineuse</i></p> |  <p style="text-align: center;">Oseille (rumex) <i>Exine mince et réticulée</i></p> | |

Atelier : La glace pour reconstituer l'évolution du climat Terrestre

Objectif : Comprendre comment les scientifiques sont capables de retracer l'évolution du climat de la Terre.

Consigne : Utilisez les différents documents à votre disposition pour montrer comment les scientifiques sont capables de retracer les évolutions plus ou moins récentes du climat de la Terre afin de porter un avis critique sur la vidéo observée.

Modalités : 25 minutes en binôme.

Document 1 : Principe du carottage glaciaire

Une carotte glaciaire est un échantillon cylindrique de glace obtenue en forant des glaciers pour en extraire un échantillon plus ou moins profond.



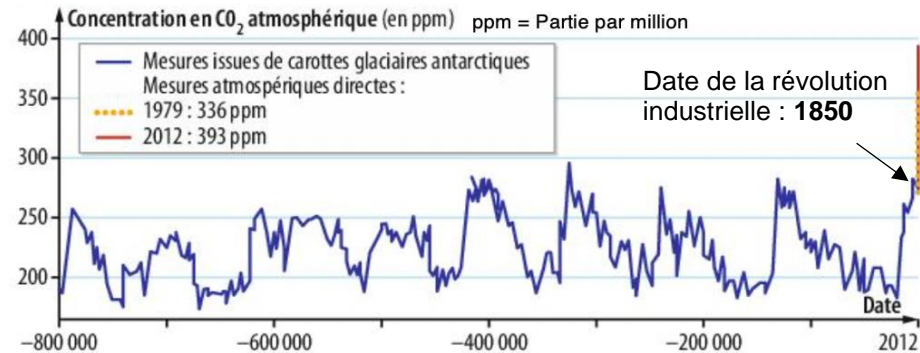
Lors du dépôt de la neige qui en se tassant donnera de la glace, des particules de gaz se retrouvent piégés dans celle-ci formant des bulles de gaz. Ces bulles de gaz reflètent la composition de l'atmosphère, notamment en CO₂, au moment du dépôt de la neige, et permet de construire le graphique du document 2.

Mais ces carottages permettent aussi, par l'étude des isotopes d'oxygène (¹⁶O et ¹⁸O) de l'eau gelée dans la glace, de calculer le δ¹⁸O et d'en déduire une température atmosphérique à un âge donné.

$$\delta^{18}O = \left(\frac{\left(\frac{{}^{18}O}{{}^{16}O} \right)_{\text{échantillon}}}{\left(\frac{{}^{18}O}{{}^{16}O} \right)_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

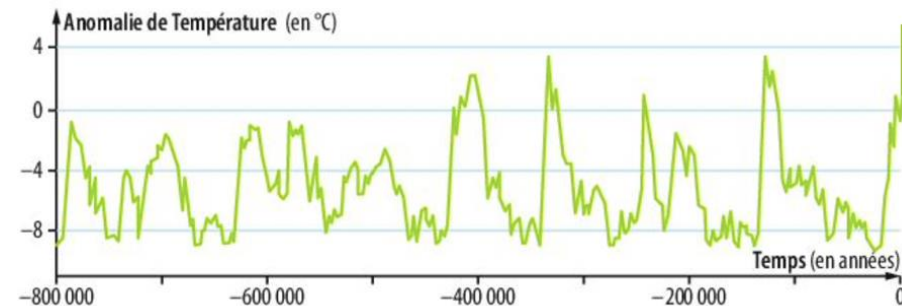
On rappelle que le CO₂ étant un gaz à effet de serre, c'est-à-dire capable de renvoyer une plus forte quantité de rayons IR vers la surface terrestre, que plus sa quantité sera importante, plus la température terrestre augmentera.

Document 2 : Les variations du CO₂ atmosphérique



Le graphique représente la différence des concentrations en CO₂ en fonction des 800 000 dernières années à partir de données obtenues lors de carottage en antarctiques.

Document 3 : Les variations de température en Antarctique



Le graphique représente l'évolution de la température en anomalie de température en fonction des 800 000 dernières années. Ce graphique a été établi en lien avec les informations détaillées dans le document 1.

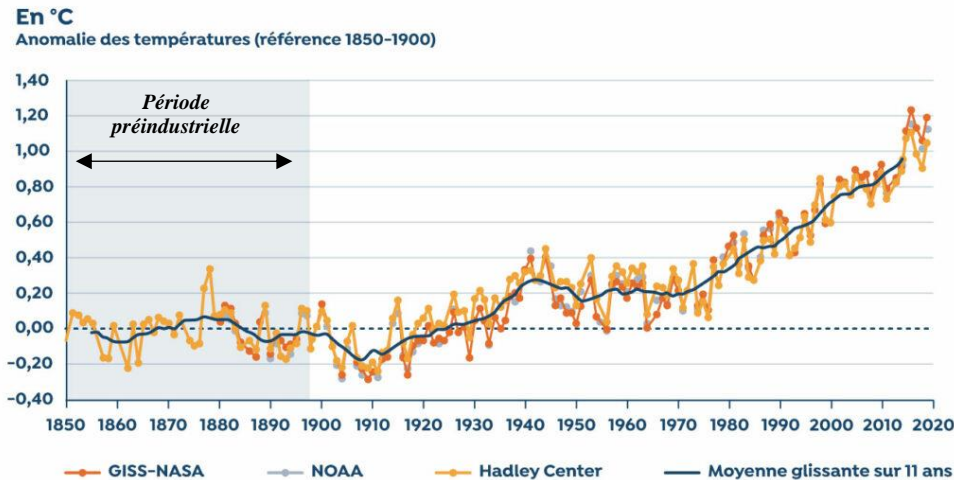
Atelier : L'ampleur des variations du climat

Objectif : Comprendre comment les scientifiques sont capables de calculer l'ampleur des variations du climat actuel et passé.

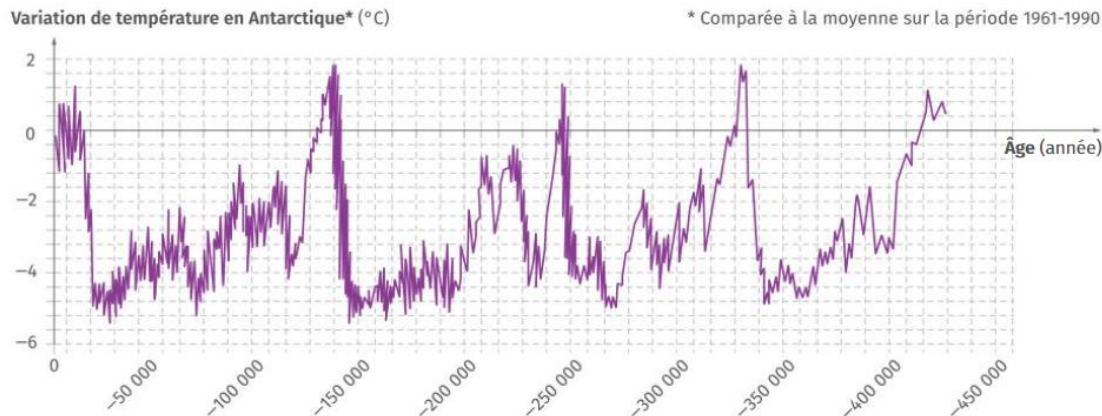
Consigne : Utilisez les différents documents à votre disposition pour argumenter sur la vitesse du réchauffement climatique actuel par rapport aux variations passées afin de porter un avis critique sur la vidéo observée.

Modalités : 25 minutes en binôme.

Document 1 : Variation des températures terrestres déterminées par différents organismes d'étude du climat depuis 1850

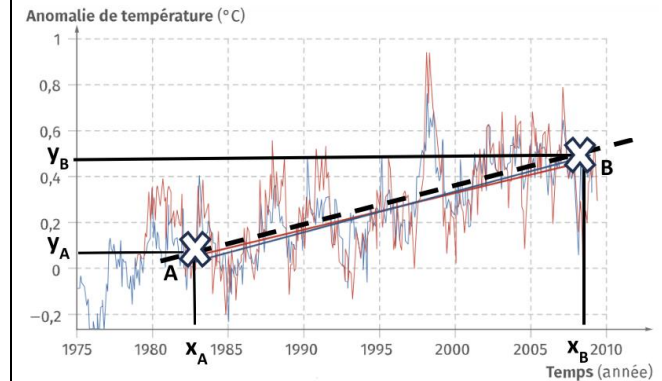


Document 2 : Variation des températures moyennes à la surface de la Terre depuis 400 000 ans



Aide au calcul de la variation moyenne de température par an sur une période

- 1) Choisir la période où la variation de l'anomalie de température est la plus importante.
- 2) On trace la droite de tendance (en pointillé) pour une période (par exemple ici 1883 à 2009), sur laquelle on place deux points A et B pour les années encadrant la période étudiée.



- 3) A l'aide de la formule du coefficient directeur, on peut obtenir une variation moyenne de température par an

$$a = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

On note que a est exprimé en °C par an

Atelier : La distinction climat / météo

Objectif : Comprendre l'importance de la distinction entre climatologie et météorologie dans la compréhension du changement climatique.

Consignes :

- 1) A l'aide des documents à votre disposition, comparer les températures mesurées le 16 octobre avec les valeurs moyennes calculées depuis 30 ans. Identifier lequel de ces deux documents (1 et 2) relève de la météorologie et lequel relève de la climatologie.
- 2) Utilisez les différents documents à votre disposition pour conclure sur la distinction entre climat et météo afin de porter un avis critique sur la vidéo observée.

Modalités : 25 minutes en binôme.

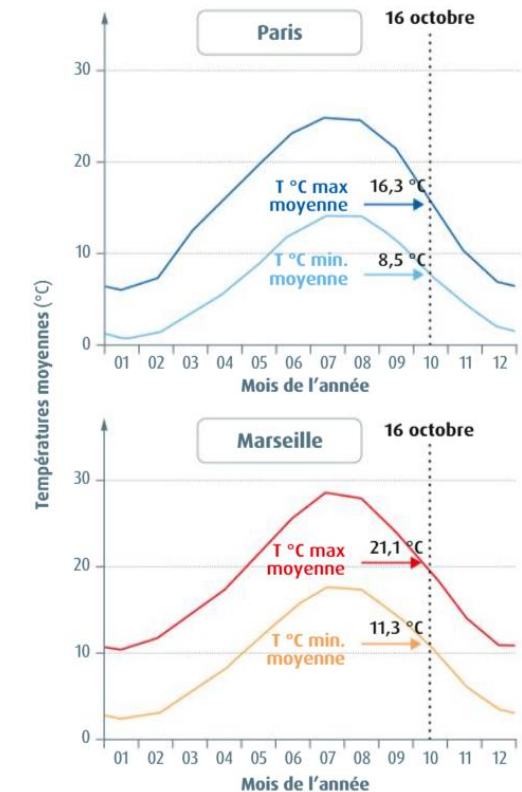
Document 1 : Données mesurées à Paris et à Marseille le 16 octobre 2019 à 6h00

| | Station Paris Montsouris | Station Marseille Marignane |
|---|---|--|
| Température | 12,4 °C | 10,0 °C |
| Humidité atmosphérique | 95 % | 81 % |
| Précipitations | 0,4 mm · h ⁻¹ | 0 mm · h ⁻¹ |
| Vitesse moyenne du vent (vitesse max. des rafales) | 14 km · h ⁻¹ (39 km · h ⁻¹) | 7 km · h ⁻¹ (14 km · h ⁻¹) |
| Direction du vent | 200° | 120° |
| Pression atmosphérique | 1 010 hPa | 1 018 hPa |
| Visibilité (distance) | 11 km | 45 km |

Document 3 : Météorologie et climatologie

| | Échelle temporelle | Échelle spatiale | Grandeurs étudiées (exemples) | Phénomènes étudiés (exemples) |
|---------------------|--------------------------|----------------------------------|---|---|
| Météorologie | De l'heure à la semaine. | De la station météo à la région. | Température et pression atmosphérique journalières à Paris. Précipitations et nébulosité* (ou visibilité) de la semaine à Marseille. | Trajectoire de la tempête Éléonore du 2 au 4 janvier 2018. Quantité d'eau de pluie reçue pendant les orages du 18 août 2019 à Marseille. |
| Climatologie | Du mois au millénaire. | De la région au globe. | Température et pression atmosphérique moyennes annuelles sur 30 ans en Île-de-France. Précipitations et nébulosité* du mois de juin depuis 30 ans en Provence. | Intensité et fréquence des tempêtes survenues en France depuis 30 ans. Intensité et fréquence des épisodes de sécheresses en France. |

Document 2 : Températures minimales et maximales sur l'année à Paris et Marseille (moyennes calculées sur 30 ans)



Aide à la démarche « Atelier : L'ampleur des variations du climat »

- **Calculer la variation moyenne de température sur la période -150000 / -140000 et la comparer avec celle de 1970 à 2020.**

Aide à la production finale :

- **Qu'est ce qui ne va pas dans le raisonnement de Trump ?**
- **Quels arguments (1 par atelier) permettent de démontrer les failles de son raisonnement ?**