SVT	Thème 1A – Science, climat et société	TES
Cours	**Chapitre 2 : La complexité du système climatique**	ESTHER & PIOCHE

1 - Climatologie et Météorologie

La « météo » et le climat sont des sujets populaires. Fréquemment confondues, ces deux notions recouvrent cependant des réalités différentes.

Comment différencier climatologie et météorologie ?

Un climat est défini par **un ensemble de paramètres atmosphériques mesurés dans une région donnée pendant une période donnée, à partir desquels on établit des moyennes**.

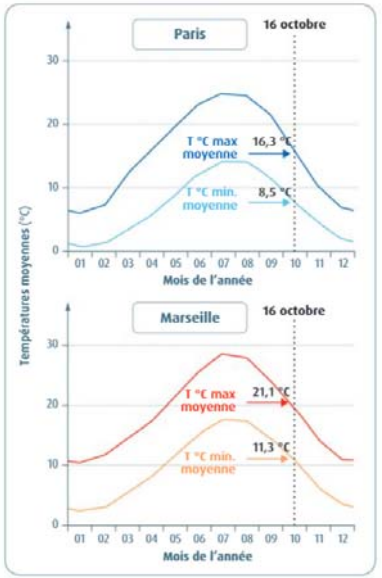
Ces paramètres sont principalement la **température (en °C)**, **la pression atmosphérique (en HPa)**, **l'hygrométrie (en %)**, **la pluviométrie (en mm)**, **la nébulosité, la vitesse et la direction des vents.**

La climatologie étudie les variations du climat local, régional ou global **à moyen ou long voire très long terme** (de la saison au millions d'années).

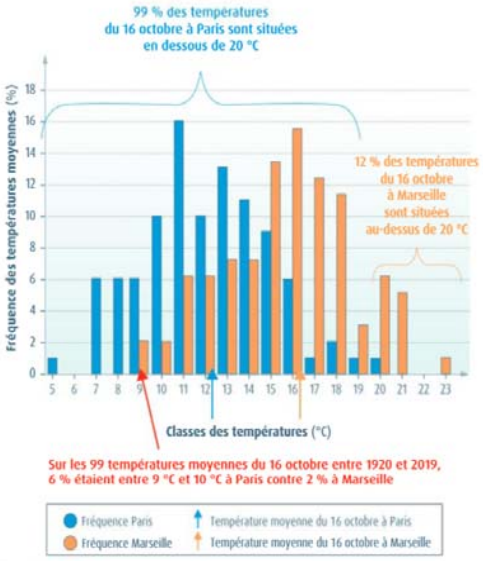
Document 1 – Météorologie et climat dans deux villes de France

	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

Doc1a : Données météorologiques à Paris et à Marseille le 16 octobre 2019 à 6 h 00 du matin.



Doc1b : Températures minimales et maximales sur l'année à Paris et Marseille



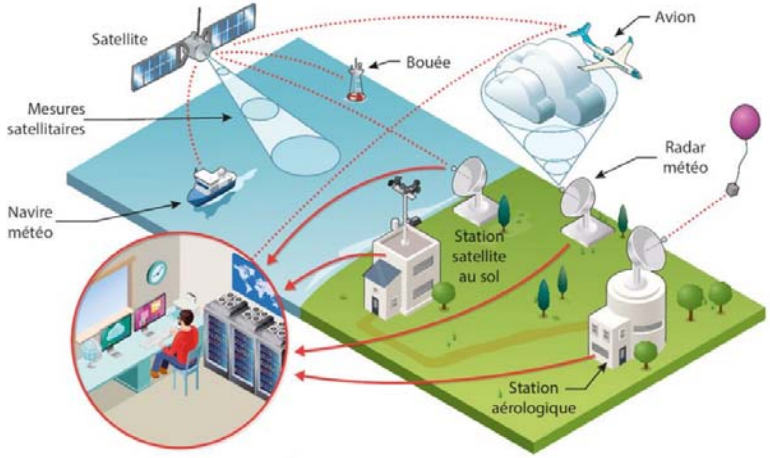
Doc1c : Fréquence depuis 100 ans des températures moyennes du 16 octobre à Paris et à Marseille. Marseille (moyennes calculées sur 100 ans)

La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques pour lequel elle établit des modèles prédictif **à court terme** (jours, semaines).

Tableau – Comparaison de la météorologie et de la 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.

Schéma – La collecte des données météorologiques



2 – Les indicateurs du climat

Le climat peut être envisagé à l'échelle planétaire : on parle alors de climat global. De nombreux indicateurs doivent être pris en compte afin de le caractériser.

Quels sont les indicateurs permettant de décrire le climat global de la Terre ?

La température moyenne de la Terre, calculée à partir de mesures *in situ* et depuis l'espace par des satellites, est l'un des indicateurs du climat global. Il en existe d'autres tels que le niveau de la mer (lié au volume de océans, les étendues de glaces et des glaciers).

Pour étudier les variations climatiques passées, les climatologues s'appuient sur différents indices : la nature des pollens trouvés dans les glaces et les sédiments, l'analyse des carottes de glace (quantité de CO2 piégé dans les bulles, composition isotopique de l'eau), ou encore sur des indices géologiques (certaines roches témoignent d'une glaciation ou d'un climat plus tropical).

L'analyse de ces indices permet de déterminer les variations climatiques passées. On constate que le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO_2 atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.

Document 2 : La palynologie ou l'étude des pollens – Exemple de la région d'Amsoldingen en Suisse

Au moment de leur reproduction, les végétaux à fleurs disséminent des quantités considérables de grains de pollen. Ceux-ci possèdent une enveloppe très résistante qui leur permet d'être conservée et fossilisés. Chaque espèce végétale produisant un grain de pollen qui lui est spécifique, on en déduit les espèces présentes à chaque période. Connaissant leurs préférences de températures et d'humidité, les changements climatiques au cours d'une période donnée peuvent être reconstitués.

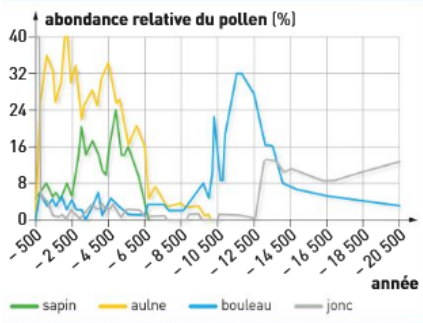


Diagramme pollinique du site d'Amsoldingen (Suisse) obtenu avec le logiciel Paléobiome 2

Plantes	Préférences climatiques
sapin	climat froid à tempéré, humide
aulne	climat tempéré, zones humides
bouleau	climat froid, sec ou humide
joncs	climat froid et humide

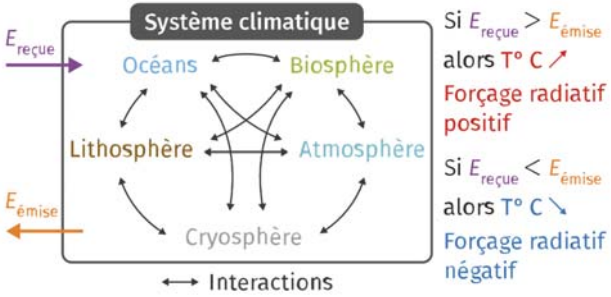
Préférence climatique de quatre plantes et leur grain de pollen colorisé artificiellement.

3 – Le réchauffement climatique actuel, conséquence d'un bilan radiatif déséquilibré

Comment peut-on expliquer le réchauffement climatique actuel ?

Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la conséquence de l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère : CO_2, CH_4, N_2O, et vapeur d'eau principalement.

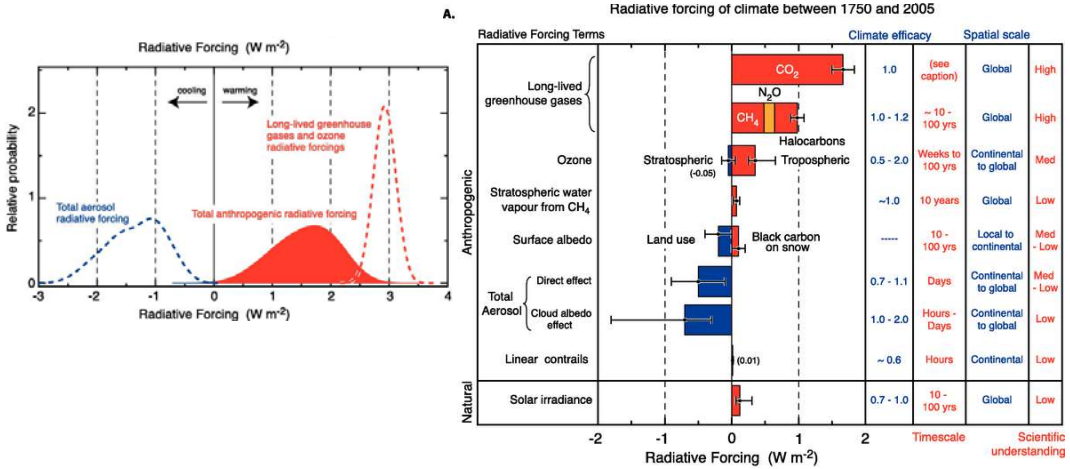
Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance relative reçue par le sol de la part de l'atmosphère.



Document 3 – Présentation simplifié du système climatique et de la notion de forçage radiatif

Cette puissance additionnelle entraine une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère pré-industrielle. L'énergie supplémentaire associée 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 et la montée du niveau des océans.

Document 4 – Bilan des éléments de forçage radiatif (source : GIEC)



4- L'amplification du réchauffement climatique

Les scientifiques du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) prévoient en 2100 une augmentation de 1.5°C de la température moyenne par rapport à 1880. Et cela, même en cas de réduction massive des émissions anthropiques de GES (Gaz à Effet de Serre).

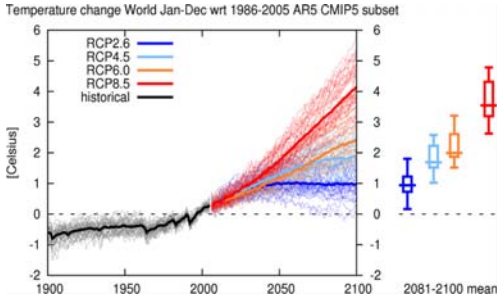
Comment expliquer cette inquiétante prévision ?

L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (= rétroaction positive) dont :

- L'augmentation de la concentration en vapeur d'eau (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère
- La décroissance de la surface terrestre couverte par les glaces et diminution de l'albédo terrestre.
- Le dégel partiel du permafrost provoquant une libération de GES dans l'atmosphère.

A court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puits de CO_2 et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).

Document 5 – Les différents scénarios de changement du climat (source : GIEC)



Les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP : representative concentration pathway) sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300.

Nom	Forçage radiatif	Concentration de GES (ppm)	Trajectoire
RCP 8.5	>8,5Wm^{-2} en 2100	>1370 eq-CO_2 en 2100	croissante
RCP 6.0	~6Wm^{-2} au niveau de stabilisation après 2100	~850 eq-CO_2 au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~4,5Wm^{-2} au niveau de stabilisation après 2100	~660 eq-CO_2 au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	Pic à ~3Wm^{-2} avant 2100 puis déclin	Pic ~490 eq-CO_2 avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin

Tableau 1 : Caractéristiques principales des RCP (Moss et al, Nature 2010)

Le forçage radiatif, exprimé en W/m², est le changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère (10 à 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat comme la concentration des gaz à effet de serre. La valeur pour 2011 est de 2,84 W/m²

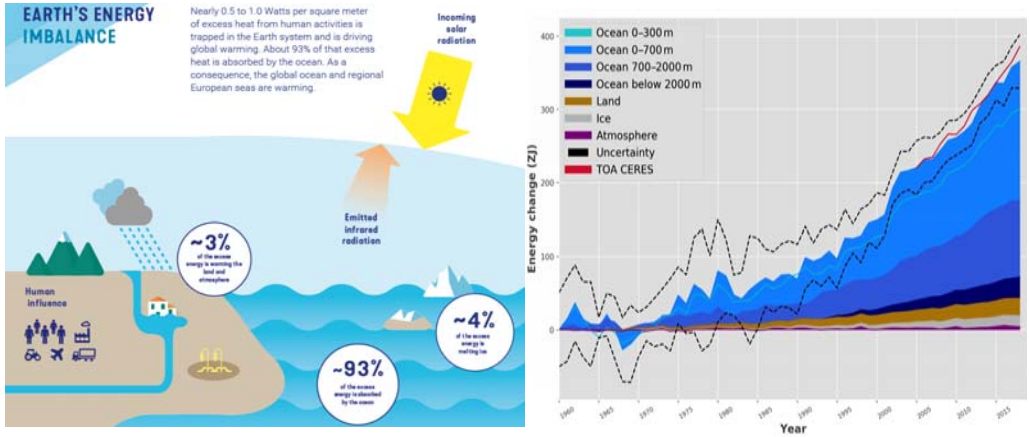
5- L'océan, un élément clé du système climatique

Les océans représentent 70 % de la surface du globe. Il existe de nombreuses interactions entre les océans et le système climatique ; interactions qui pourraient être déterminantes dans l'évolution du climat.

Quel est le rôle de l'océan dans le système climatique et dans le changement climatique ?

Les océans ont un rôle d'amortisseur en absorbant à leur surface une fraction importante de l'apport additionnel d'énergie. Cela conduit à une élévation du niveau de la mer causée par la dilatation thermique de l'eau. A celle-ci s'ajoute la fusion des glaces continentales.

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



Document 6 – Évolution de l'énergie additionnelle absorbée par les diverses composantes du système climatique entre 1960 et 2018 (Source : Nature : *Karina von Schuckmann & al. 2020)*
L'unité est le zettajoule (10^{21} joules). Notez la part mineure que stocke l'atmosphère (en violet).