

Auteur : jlmdlegrand@gmail.com

Note liminaire : la pagination des diapositives est celle du fichier "Blog du Cercle des Sources - L'alarmisme climatique est-il justifié ? - Présentation - Jean-Louis Legrand 280325.pdf".
Le slide 1 est celui du titre "L'alarmisme climatique est-il justifié ?"

Slide 2.

Suite au lobbying de Margaret Thatcher et Ronald Reagan, est créé en 1988 le **GIEC** (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat), traduction infidèle d'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Margaret Thatcher veut promouvoir le nucléaire contre le charbon, syndicalisé et fédérateur de son opposition politique.

Elle est secondée par Ronald Reagan qui, lui, veut canaliser la technocratie de l'ONU au sein du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), ce qui est toujours le cas aujourd'hui (et ne semble pas avoir été efficace...)

Le GIEC n'est pas une organisation scientifique, mais une institution politique.

Ses statuts considèrent la doxa comme acquise.

Il arrive que les résumés, notamment ceux à destination des décideurs, soient infidèles aux conclusions des groupes de travail.

"**Effet de serre**" est une expression impropre.

Dans une serre, le gaz carbonique est totalement consommé par les végétaux et la convection de l'air est totalement empêchée par les parois latérales.

Dans l'atmosphère terrestre, c'est exactement l'inverse.

La **météorologie** prévoit le temps qu'il fera sur une région donnée dans quelques jours.

Un thermomètre ne sert à pas grand-chose, mieux vaut un baromètre et une girouette sur le toit du voisin.

La **climatologie** prédit le temps qu'il fera sur la Terre entière dans au moins 30 ans.

Elle agrège de nombreuses sciences notamment l'histoire du climat, la paléoclimatologie, la géologie, la datation radioactive, la dendrochronologie (la datation en observant les anneaux de croissance annuelle dans le bois des troncs d'arbre), l'astronomie, la géographie physique, l'océanographie, l'hydrographie, la glaciologie, la spectrométrie, la thermodynamique, la mécanique des fluides.

Dans la boîte à outils mathématiques, elle utilise surtout la géométrie différentielle, la statistique (parfois avec des erreurs de raccordement entre proxies) et les probabilités.

Le **forçage radiatif** est l'écart entre le rayonnement solaire reçu par la Terre et le rayonnement infrarouge que la Terre émet sous l'effet de facteurs d'évolution du climat : l'activité humaine, la variabilité naturelle de l'irradiance solaire et du volcanisme.

Les composantes du forçage radiatif sont davantage calculées que mesurées : rayonnement solaire réfléchi ou absorbé par l'atmosphère, rayonnement absorbé par la surface de la Terre, évapotranspiration, chaleur sensible, rayonnement émis de la surface de la Terre ou réémis de l'atmosphère, émissions de gaz et d'aérosols, rayonnement sortant de l'atmosphère.

Il est évalué au sommet de la troposphère, la couche la plus basse de l'atmosphère, à une altitude de 8 à 15 kilomètres selon la latitude et la saison, en watts par mètre carré (W/m^2).

Certaines organisations scientifiques réfutent la nouvelle ère géologique dite Anthropocène.

*Pour les plus courageux : ce sujet clef est particulièrement complexe.
Même l'explication du GIEC a évolué au fil du temps.
Lire ou visionner Jean-Louis Dufresne, Directeur de recherche au CNRS,
Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), Institut Pierre et Simon Laplace (IPSL).
Publications ou conférences de vulgarisation <https://web.lmd.jussieu.fr/~jldufres>*

En 1992, au Sommet de la Terre Rio, la communauté internationale a établi deux cadres légaux distincts.

Le climat est attaché à la Convention Cadre Nations Unies Changements Climatiques (CCNUCC) tandis que la **biodiversité** est attachée à la Convention Diversité Biologique (CDB).

La mise en œuvre des objectifs énoncés en 2022 dans l'accord-cadre Kunming-Montréal est en échec opérationnel.

La COP 16 en 2024 à Cali a repris du 25 au 27 février 2025 à Rome.

Les conséquences de l'évolution du climat sur la biodiversité sont loin d'être clairement prouvées dans beaucoup de cas.

La décision de justice interdisant quatre mégabassines dans le Poitou a finalement été justifiée par la protection de l'outarde canepetière, laquelle est perdue à des milliers de kilomètres de son écosystème turque.

Pour les plus courageux : visionner le colloque "L'urgence climatique: un tournant décisif ?" des 8 et 9 mars 2024 à l'Académie des Sciences.

Par exemple Sandra Lavorel <https://www.youtube.com/watch?v=iR2gGeIu7oU>

Lire le "Rapport Planète Vivante 2024" du World Wildlife Fund (WWF) et de la Société Zoologique de Londres (ZSL) en français [https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2024-10/Rapport Planete Vivante 2024 - WWF France.pdf](https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2024-10/Rapport_Planete_Vivante_2024_-_WWF_France.pdf)

Inversement, seront donnés par la suite des exemples où une action de l'homme supposée être en faveur de la biodiversité peut en fait aggraver l'impact de certaines catastrophes.

Par exemple la suppression des barrages fluviaux ou l'interdiction du débroussaillage.

Slide 3.

La NASA a dévoilé, le lundi 20 juillet 2015, la première photo complète depuis 1972 qui était l'année de la dernière mission Apollo, la 17 ième.

L'image, d'une très grande qualité, a été prise par un appareil embarqué à bord d'un satellite scientifique, le "Deep space climate observatory", équipé d'un télescope.

Il a pris une série de dix images à travers tout le spectre chromatique "true color".

Noter la couverture nuageuse, aujourd'hui au coeur des débats sur le réchauffement climatique.

Des publications récentes donnent raison à John Clauser, prix Nobel de physique en 2022 avec Alain Aspect et Anton Zeilinger.

Notre planète n'est pas si bleue.

Slide 4.

Une vision idéaliste du glacier, en réalité ennemi de l'homme : menace d'habitations et d'activités économiques, problèmes d'eau potable, engelures et maladies causées par le froid extrême, accidents, glissements de terrain, avalanches.

Pour les plus courageux : lire "Histoire du climat depuis l'an mil" d'Emmanuel Le Roy Ladurie, Champs, janvier 2020 ou "Sapiens et le climat" d'Olivier Postel-Vinay, La Cité, septembre 2022.

En haut à droite, lors de la guerre des **Dolomites** au nord-est de l'Italie de 1915 à 1918, seul un tiers des 150 000 hommes qui périrent sur le front alpin furent victimes des combats.

L'écologie n'est pas une réflexion sur les effets du changement climatique, et encore moins sur ses causes naturelles.

Le changement en soi ne doit pas avoir lieu, le monde est vénéré tel qu'il est.

Les neiges éternelles, situées à l'étage nival de la montagne, se renouvellent régulièrement.

En bas à droite, en 1678, les villages de Fiesch et de Fieschertal ont demandé au pape Innocent XI d'arrêter l'avancée du **glacier d'Aletsch**, qui menaçait d'étouffer l'écoulement de leur lac, ce qui aurait provoqué l'inondation permanente de leurs habitations à mesure que le barrage de glace faisait monter le niveau du lac.

Le Pape a prié pour que le glacier cesse d'avancer, puis le miracle est arrivé !

Miracolo !

En 2009, le retrait du glacier, de 10 mètres par an, menace les revenus des villageois provenant des 400 000 touristes qui viennent chaque année.

Ils ont donc demandé au pape Benoît XVI de réviser leur prière, afin d'aider à arrêter la fonte.

En 2010, le Pape a approuvé leur pétition.

Jusqu'à présent, il n'y a pas eu d'effet... le glacier continue de reculer.

Slide 5.

Il y a 635 millions d'années, le Cryogénien, la Terre dite boule de neige ou de glace.

Des explications faisant intervenir les bactéries puis la dérive des continents, sachant que le rayonnement du Soleil baisse depuis la création de la Terre il y a 4,6 milliards d'années.

Homo Habilis il y a 2 800 000 ans.

Homo Sapiens, que nous sommes tous, il y a 300 000 ans.

En haut à gauche, il y a 140 000 ans, des moraines de plusieurs tonnes ont été transportées par un glacier originaire des vallées Maurienne et Tarentaise qui a parcouru 200 km, notamment **le Gros caillou** du quartier de Lyon qui porte son nom.

Il y a 20 000 ans, des pingouins et des phoques ont été peints dans **la grotte Cosquer** à Marseille.

En bas, **la Mer de Glace** est le plus grand glacier français, sur le versant septentrional du massif du Mont-Blanc, dans la vallée de Chamonix.

Torrent exutoire l'Arveyron, petit Arve, affluent du Rhône.

Vitesse d'écoulement de 90 à 120 m. par an.

Elle atteint un maximum vers 1730, puis en 1825 et 1852, années où elle vient s'arrêter juste avant les habitations.

Depuis, une phase générale de recul, rapide vers 1870, 1910 et 1940-1960, et seulement interrompue par des avancées mineures vers 1890, 1920 et 1969-1988.

Au début des années 2000, elle perd de 4 à 6 m. d'épaisseur et 30 m. de longueur par an, car son altitude est basse, à 2 800 m. d'altitude, et le front est à 1 400 m.

Depuis 1830, elle a perdu 150 m. d'épaisseur et 2,5 km de longueur.

Aujourd'hui, 200 m. d'épaisseur et 7 km de longueur.

Slide 6.

Des paramètres essentiels des variations du climat terrestre sont les **cycles de Milanković** de l'orbite de la Terre : excentricité (forme de l'orbite, circulaire ou plus elliptique), obliquité (inclinaison de l'axe de rotation par rapport à l'orbite), précession des équinoxes (orientation de l'axe de rotation).

Selon les paramètres de Milanković, le forçage orbital dû à ces cycles a provoqué, pendant les deux mille dernières années, une tendance au refroidissement à long terme dans l'hémisphère Nord, tendance qui s'est poursuivie pendant la période médiévale et le **Petit Âge Glaciaire (PAG)**. Ce dernier est ainsi une période climatique froide ayant approximativement eu lieu **entre le début du XIVe siècle et la fin du XIXe siècle**.

En haut à gauche : source data from Greenland ice cores (GRIP).
Research project organized through the European Science Foundation (ESF).
Nuclear isotopes and various atmospheric constituents.

En bas à gauche : source chart by Moberg et al "Reconstruction of the last 2 000 years using both high and low resolution data".
Multi-proxy paleo temperature (caractéristiques physiques préservées du passé qui permettent de pallier l'absence de mesures météorologiques directes).

Plusieurs théories ont été avancées pour expliquer l'existence du PAG et surtout sa persistance.

On peut mentionner l'explosion, qualifiée de méga-colossale, du volcan indonésien Samalas en 1257 et relier les années 1800 à l'**éruption** très violente **de plusieurs volcans** dont le Tambora.

On peut aussi trouver une explication, non nécessairement contradictoire, dans l'effet de l'**activité du Soleil**.

Le **minimum de Spörer** avec une période de refroidissement significatif entre 1460 et 1550.

Le **minimum de Maunder** au cours de la période 1645-1715.

En hiver 1709, le vin gela à la table du Roi-Soleil (qui ne mérite pas son nom).

Le duc de Saint-Simon et Voltaire, 15 ans à l'époque, décrivaient les oiseaux tomber du ciel.

Madame Palatine, belle-sœur du roi, organisait le secours des bébés à la naissance.

La France baisse en peu de temps de 21 millions d'habitants à 19,5 millions d'habitants.

Enfin le **minimum de Dalton** entre 1790 et 1830.

Quelques années avant le tout début de la révolution industrielle vers 1850.

Est-ce vraiment par hasard ?

En bas au milieu, ce panel mondial de 169 glaciers est supposé être représentatif.

Il a le mérite d'éviter le biais de l'abondance des données sur les Alpes, par comparaison au reste du monde.

Le front médian est à 2 850 m. d'altitude.

La pente du graphique est de 500 m. par 50 ans, soit 10 m. par an.

Presque exactement la courbe du glacier du Rhône dans le Valais suisse.

Pour les plus courageux, lire "Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records" de J. Oerlemans, Institute for Marine and Atmospheric Research, Utrecht University, Netherlands
<https://www.science.org/cms/asset/aeac366a-7ba8-4dbe-8e35-a025159cb03f/pap.pdf>

En haut au milieu, l'augmentation significative de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère a commencé un siècle plus tard :

le réchauffement climatique d'origine anthropique ne peut pas expliquer la fonte des glaciers terrestres !

En haut à droite, source Geophysical Research Letters - ETH Zurich & University of Fairbanks, Alaska.

Séries chronologiques du bilan de masse des glaciers des Alpes Suisses sur 100 ans, d'une longueur et d'une couverture sans précédent.

Base de données hautement résolues dans le domaine spatial et temporel pour analyser la réponse des glaciers de montagne au changement climatique du XXe siècle, et pour étendre les mesures des glaciers individuels à des chaînes de montagnes entières.

Source pour la partie climat "regression of monthly HadISST sea surface temperature anomalies 1870–2013".

Les données montrent que **le bilan de masse est lié** à la variabilité de l'Atlantique Nord.

Il varie en phase avec **l'Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO)** si l'on soustrait la variation linéaire due au réchauffement climatique d'origine anthropique.

La variation de la température de surface se fait sur plusieurs décennies, de 40 à 80 ans.

Elle expliquerait jusqu'à 40 % de la variance totale.

Colonne "Alpes Suisses", elle semble reliée aux variations sur longues périodes de la pluviosité et des températures de l'air en Europe et en Amérique du Nord.

Les mécanismes proposés sont variés : tropiques, océan Arctique, seul processus océan Atlantique Nord (changements dans la circulation thermohaline).

L'air chaud se dilate, la pression baisse, l'anticyclone Bermudes Açores s'affaiblit, le gradient de pression entre l'équateur et l'anticyclone s'affaïsse, les alizés sont plus faibles, il y a moins de dispersion d'énergie par convection atmosphérique.

Près de la moitié de la perte de masse récemment accélérée pourrait être due à des variations climatiques naturelles sur plusieurs décennies.

En sens inverse, elles sont susceptibles de réduire le taux de fonte des glaciers alpins au cours des prochaines décennies.

Colonne "Oscillation atlantique multidécennale", les **obliques bleues** précèdent, il y a une causalité différée de plusieurs années.

Le bouton de contrôle des glaciers des Alpes Suisses se trouve bien dans l'Atlantique Nord.

Slide 7.

À gauche, hors Groënland, Arctique (y.c. Sibérie) et Antarctique, seulement 28 % en superficie et 16 % en volume. Himalaya un peu superficiel.

Les Alpes, le Caucase et la Nouvelle Zélande respectivement 3 % et < 1 %.

À droite, le **pergélisol** ("permafrost") domine la "permanent ice" en superficie, mais il serait très faible en "sea-level equivalent" et n'influerait pas sur le niveau de la mer.

Par contre, s'il dégèle, le métabolisme des bactéries s'accélère et les composés organiques sont rapidement transformés en CO₂ ou en méthane CH₄.

Dans le pire des scénarios de rétroaction, 100 ppm s'ajouteraient aux 425 ppm actuelles.

Longues échelles de temps.

Un réchauffement supplémentaire n'est pas suffisant pour conduire à une situation d'emballement.

Les "**mountain glacier**" sont de l'ordre du pourcent de l'"Antarctic ice sheet" en "sea-level equivalent" donc pour l'influence sur le niveau de la mer.

Les **fluctuations annuelles** de la "**sea ice**" "**Southern Hemisphere**" sont de 12 ("mean value") moins 3 (minimum) égalent 9 millions de km² qui correspondent à presque 20 fois la France. Le tout sur 1,5 à 2,6 km de hauteur !

Sachant que l'inlandsis, la terre sans plateforme de glace, "Antarctic ice sheet" correspond déjà à 25 fois la France.

Slide 8.

Lors de sa réception du prix Nobel de la paix en 2007, Al Gore annonce **l'Arctique sans glace pour 2013**.

Nous en sommes très loin aujourd'hui, "sea ice" "Northern Hemisphere" correspond en moyenne à 24 fois la France.

On compte de multiples inexactitudes dans son film "An inconvenient truth".

L'indien Rajendra Pachauri a été président du GIEC entre 2002 et 2015, année où il a été exfiltré à cause d'une plainte pour harcèlement sexuel, ce sur fond d'accusations de conflits d'intérêts et d'enrichissement personnel.

Il a admis en 2010 l'erreur sur **la fonte des glaciers de l'Himalaya** dans le rapport du GIEC de 2007, une soi-disant coquille typographique portant sur la place d'une virgule.

Finalement, ce n'est pas l'eau de fonte qui permet la culture irriguée dans les plaines très densément peuplées de l'Inde, du Bangladesh, de la Birmanie, de la péninsule indochinoise et de la Chine.

À l'exception des hautes vallées aux faibles densités de population, c'est la mousson qui rythme le calendrier agricole, détermine les récoltes et conditionne les systèmes d'irrigation.

Aujourd'hui, on constate un déficit de chutes de neige puis de ressource en eau, donc l'inverse.

Slide 9.

À gauche, "Community estimate of global glacier mass changes from 2000 to 2023"

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08545-z>

Nature, 19 février 2025

La perte équivaut au cinquième de l'incertitude sur la mesure en 2000.

Slide 10.

À gauche, le World Data Center for Glaciology est créé en 1957.

Le National Snow and Ice Data Center de la National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) en 1976.

Le Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) de la NASA en 1978.

Le Sea Ice Today en 2024, une base de données remarquable.

À droite, la **circulation méridienne de retournement**, "meridional overturning circulation" MOC ou "conveyor belt", se substitue à la circulation thermohaline.

Le "downwelling" à l'est au sud et au nord du **Groenland**, deux ascenseurs descendants d'eau chaude devenue froide, débite autant que le fleuve Amazone.

Au Nord Ouest, la base spatiale US de Pituffuk (Thulé), face aux routes de la marine marchande qui portent chacune le nom d'un explorateur, lesquelles ont été fermées tôt en 2024 à cause de la glace.

Slide 11.

Des travaux récents suggèrent que, depuis 1979, 60 % de la baisse de la superficie de la banquise en septembre pourrait être due à des changements dans la circulation atmosphérique.

De plus, la persistance de la couverture nuageuse estivale dans l'Arctique réduit considérablement la rétroaction glace-albédo, la réflexion au sol baisse.

La variabilité interne est un facteur plus important que prévu, qui explique pourquoi le déclin de la superficie estivale de la banquise arctique a sensiblement ralenti **depuis 2007**, contre toute attente. C'est "**the Arctic shift**" qui a de nombreuses explications.

*Pour les plus courageux, lire : "La théorie du gardien d'hiver et le transport méridien de chaleur." de Javier Vinós, article publié le 5 octobre 2023 sur le site WUWT.
Ou bien son livre "Résoudre le puzzle du climat.", Amazon, 2023.*

La **loi de Glen (-Nye)** de 1955 est une formule empirique de rhéologie qui traite la glace comme un fluide purement visqueux, incompressible, isotrope et non newtonien, avec une viscosité déterminée par une relation de loi de puissance entre la vitesse de déformation d en s^{-1} et la contrainte c en Pa : $d = A c^n$, où A est une constante et n un nombre.

Selon H. Jay Zwally, Iowa State University, elle serait fautive : $n = 1$ au lieu de 3 ou 4.

Donc, sous contrainte, la déformation serait moins rapide que prévu.

Dans l'autre sens, la glaciologue Heïdi Sevestre ajoute que le fond de l'inlandsis, de la calotte glaciaire, est à risque, et que l'on observe à l'Ouest une pollution de particules, dites **noir de carbone**, venant de l'Amérique du Nord, de sorte que la réflexion du rayonnement solaire baisse.

Slide 12.

C'est seulement au XIXe siècle que l'Antarctique a été officiellement découvert. En 1819, William Smith voit des terres au sud du 62e degré.

L'histoire géologique est longue et complexe, marquée à l'Ouest par une activité volcanomagmatique importante à l'origine de gradients géothermiques régionaux.

Pour les plus courageux : lire sur le site de l'ACR Brigitte Van Vliet-Lanoë, Directeur de recherche CNRS, Émérite, Brest.

En raison de sa position au pôle Sud, l'Antarctique reçoit relativement peu de radiations solaires.

Ozone = trioxygène limite la descente des rayons ultraviolet (UV) sur la Terre.

Dès les années 70, on avait observé une diminution chaque printemps.

En 1974, dans Nature, Mario Molina et F. Sherry Rowland mettent en cause des CFC (chlorofluorocarbures, fréon) dans la destruction des atomes d'ozone.

En 1985, prix Nobel de chimie. Puis Joseph Farman alarme.

La découverte incite l'ONU à prendre des initiatives sur l'interdiction des CFC : convention de Vienne en 1985, protocole de Montréal en 1987, amendement de Kigali, Rwanda, en 2016.

Contrairement à une opinion répandue, l'affaire est loin d'être gagnée.

Pour les plus courageux, voir la conférence de Sophie Godin-Beekmann au Collège de France dans le cadre de la chaire Avenir Commun Durable et du Professeur François-Marie Bréon
<https://www.college-de-france.fr/fr/agenda/seminaire/changement-climatique-comment-sait-on-ce-que-on-sait/comment-humanite-sauve-la-couche-ozone-et-contribue-protéger-le-climat>

Ce continent est isolé thermiquement par l'océan Antarctique, et glacé depuis 15 millions d'années. Il fait partie du supercontinent appelé Pangée, qui se morcèle il y a plus de 200 millions d'années, dérivant vers l'est et le sud.

Il y a 175 millions d'années, l'Antarctique est une partie du Gondwana, issue de Pangée, qui se fragmente encore pour enfin former, il y a environ 25 millions d'années, l'Antarctique tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Slide 13.

Les phénomènes atmosphériques (dépressions cycloniques, gyres marins) et gravitaires (vents, dits catabatiques, de gravité air froid de surface, force de Coriolis (voir sa définition au slide 21)) contrôlent l'évolution des températures.

Le réchauffement est limité à la partie occidentale, où l'archipel est fragile et où les barrières de glace reculent dans l'eau plus profonde en suivant une pente rétrograde (Heidi Sevestre).

Pour cette raison, on utilise de plus en plus la notion de "floe" pour désigner la banquise qui flotte réellement sur l'eau.

À noter : le CO₂ est régionalement bas, 380 ppm aujourd'hui, donc il peut difficilement être responsable de la fonte de la plus grande calotte glaciaire au monde.

L'incertitude étant supérieure à la mesure, **on ne peut pas dire que l'Antarctique évolue fondamentalement depuis 50 ans.**

Slide 14.

En haut à gauche, à noter : la moyenne des températures de l'océan est toujours donnée entre deux latitudes, jamais sur la Terre entière.

Copernicus, pour l'Europe, entre les latitudes $\pm 60^\circ$.

En 2024, les anomalies sont revenues dans l'intervalle historique.

Un faisceau d'explications sans facteur dominant.

L'hypothèse du réchauffement climatique d'origine anthropique, où l'on ajoute chaque année un très petit flux dans un immense réservoir, ne peut pas expliquer cette grande variabilité.

L'inertie de l'océan est immense.

Il absorbe 90 % de la chaleur supplémentaire due à l'effet de serre, et sa capacité thermique est 1 000 fois celle de l'atmosphère.

Les **variations barostatiques** sont les échanges de masses d'eau des continents aux océans, et vice versa.

Pas seulement la fonte des glaces, mais également les lacs de retenues et les nappes phréatiques, l'épuisement des aquifères et barrages.

En bas à gauche, le coefficient de la **dilatation thermique** de l'eau dépend de la température et de la pression.

Sa variation avec la profondeur n'est pas monotone.

À la surface des océans, il vaut 2,5 ppm/K (ppm = partie par million ; K = le degré Kelvin, mesure absolue de la température, tel que 0 K égale - 273,15 °C et correspond au zéro absolu).

Le coefficient diminue jusqu'à 1 ppm/K à 1 000 m puis il remonte.

Depuis 2014, les bouées Deep Argo ont commencé à faire des mesures à 6 000 m de fond, les fosses étant à plus de 10 000 m.

Beaucoup de surprises dans les profils de température.

Le rythme annuel de l'**eustasie** est estimé aujourd'hui à 3,5 mm par an.

Il existe un **effet baromètre inverse** sous l'influence de la pression atmosphérique.

La mer est bombée sous une dépression, et creusée sous un anticyclone.

Cette variation est de 1 cm pour 1 hPa.

Il existe aussi des phénomènes saisonniers.

Sur la mer Rouge, le régime de vent induit une oscillation saisonnière de l'ordre de 25 cm.

Il existe enfin un **effet halostérique**, la densité de l'eau salée étant supérieure à celle de l'eau douce.

Les zones plus salées sont en cuvette.

En haut à droite, le Global M Sea Level est normalisé.

On constate des décalages entre les courbes, mais seule la variation dans le temps compte.

Jevrejeva et de Church & White correspondent à des marégraphes.

La NASA à des satellites.

Dangendorf et al. sont hybrides.

L'accélération récente 1968 - 2015 se trouve en grande partie dans des régions spécifiques.

Aucune accélération dans le Pacifique oriental ni dans l'océan Arctique, et décélération dans l'océan Austral.

Ainsi, **les régions qui devraient être les plus touchées par la fonte des glaces, l'Arctique et l'océan Austral, ne montrent aucune accélération.**

Ceci suggère que l'accélération observée récemment est due aux changements de la circulation atmosphérique et non au réchauffement climatique d'origine anthropique.

Les vents obéiraient à une période d'environ 65 ans, à l'instar des températures mondiales.

En bas à droite, sur un siècle, les 50 cm équivalent à la moyenne quotidienne des marées mondiales.

Slide 15.

À gauche, le **géoïde**, le "Patatoïde" de Postdam (Berlin).

L'altimétrie par satellite donne avec précision la position par rapport à un référentiel terrestre mathématique.

Pour mémoire, un satellite mesure un rayonnement, pas une température, ce qui demande des précautions méthodologiques.

En **gravimétrie spatiale**, on détermine la répartition de la masse sur la Terre grâce à des satellites équipés pour mesurer d'infimes déviations de leur orbite.

Cette mesure autonome est insensible à la dilatation thermique, mais elle additionne les contributions de la fonte des glaces continentales et des autres effets barostatiques, notamment l'épuisement des aquifères.

Les **marées** astronomiques diurnes et semi-diurnes sont des phénomènes périodiques d'une amplitude de 20 cm à 16 m.

Il existe des marées à longue période.

Le cycle nodal de la Lune varie de 3 % sur 18,6 ans.

En France, le réseau d'Observatoires du Niveau des Mers (RONIM) compte une trentaine de marégraphes.

Leur couverture géographique n'est pas homogène.

Ils présentent une vulnérabilité aux mouvements verticaux du sol.

Slide 16.

À gauche, la subsidence de l'Everest est un affaissement.
Moins 80 centimètres en vingt ans selon la dernière campagne de mesures.

Au milieu, la surrection est un facteur de compensation local.
D'où le **rebond isostatique** quand l'**asthénosphère**, où la matière est ductile à 1 000 °C, redistribue les pressions verticales à distance.

À droite, le Sud de l'Angleterre et la pointe de la Bretagne montent.
La Belgique a augmenté officiellement sa superficie de 160 km² début 2019, les plages de la Mer du Nord gagnant en profondeur sur la mer.
La situation est stable aux Pays-Bas.
En Scandinavie, la mer Baltique recule de 4 mm par an.
En Suède, la ville de Copenhague (Greta Thunberg) n'est plus sûre de devenir une nouvelle Venise.

Sur la côte Nord-Ouest des États-Unis, la tectonique fait que les côtes de l'Oregon et du Washington se soulèvent de 2 à 3 mm par an.
Photographie ou peinture réaliste à l'appui, des sites mythiques comme Liberty Island à New York, qui porte la célèbre statue depuis 1886, ou le Plymouth Rock, qui indique l'endroit où les pèlerins du Mayflower ont foulé les États-Unis pour la première fois en 1620, ne montrent rien d'évident.

Slide 17.

À gauche, voir la situation neutre (bleu) des Alpes-Maritimes (7e ligne à partir du bas).

Au milieu en haut, l'expropriation puis la destruction en 2023 du Signal, une résidence à **Soulac-sur-Mer** menacée par le recul du trait de côte, a marqué les esprits.
Elle était à 200 m. du rivage à sa construction en 1967.

Au milieu en bas, de Nice à Antibes, les plages reculeraient de 30 cm par an si l'on n'ajoutait pas des **galets** à chaque printemps.

À droite, les zones à risque sont l'**estuaire de la Gironde** et le **delta de la Camargue**.

Le **cumul des surfaces perdues** (hors Guyane) est de 30 km² en 50 ans, soit **un dix-millième par siècle**.

Slide 18.

L'élévation du niveau de la mer n'est pas la cause principale de l'érosion des rivages.
Effet des marées, des vents, de l'hydrodynamique littorale et du transport de sédiments.
Sur les îles habitées, la pisciculture et la remise en état des terres.

La **règle de Bruun** (1962) est la première estimation quantitative du recul du trait de côte sur une plage sableuse en raison de l'élévation du niveau de la mer.
Lorsque le niveau de la mer s'élève, l'érosion côtière modifie la distribution du sable jusqu'à ce que soit atteint un nouvel équilibre.
Elle est remise en cause, car elle ignore trop d'aspects: le **transport de sable dans l'axe de la côte**, un « budget » de sédiments fermé localement, etc.

Tempête **Xynthia** sur l'ouest de la France dans la nuit du 27 au 28 février 2010.
La grande majorité des 47 victimes résidaient sur le littoral atlantique, 29 en Vendée (petite commune balnéaire de La Faute-sur-Mer) et 12 en Charente-Maritime.

Slide 19.

Dans les années 2000, la perte de terre des nations insulaires a été attribuée à tort à la dilatation thermique de l'océan.

L'érosion était induite par la série des cyclones Gavin, Hina et Keli de 1997.

Elle se combine avec des phénomènes tectoniques complexes.

Copenhague COP 15 de 2009.

Les **îles** dont la superficie avait régressé sont les plus **anthropisées**.

En particulier les **Maldives** (militant écologiste Mark Lynas) : construction de digues bloquant les flux de sédiments, remblayages sur le littoral et extraction de sable contrecarrent l'adaptation naturelle.

Capitale Malé, pont vers l'aéroport puis complexes hôteliers touristiques sur l'eau.

Accords de Paris COP 21 de 2015.

En **2017**, le premier ministre **fidjien** Frank Bainimarama est président de la **COP 23 à Bonn**.

Il stoppe la désinformation autour de ces sujets, y compris pour Vunidogoloa sur l'île de Vanua Levu, la deuxième plus grande île de l'archipel Fidji.

Finalement, cette COP réoriente les financements pour l'adaptation et l'atténuation du changement climatique en faveur des pays les plus vulnérables.

2021 **Tuvalu** compte 10000 hab.

Désormais "rattaché" à l'Australie, surtout menacé pour sa solidarité historique avec Taïwan.

Maximum 3 m. au-dessus de l'eau, piste de l'aéroport international Finafuti sur l'autoroute.

2025 début du transfert **de Jakarta vers Nusantara** en Indonésie.

Le poids des constructions, en partie sur des sables mouvants, et l'extraction des réserves eau souterraine sont responsables, pas la dilatation thermique de l'océan.

Fin 2023, une grande étude chinoise porte sur un panel de 13 000 îles à travers le monde.

Depuis 2000, elles ont gagné 370 km², l'équivalent de l'île de Wight.

Seulement 12 % de déplacement du littoral, vers terre (perte) comme vers mer (gain).

Sur 30 atolls du Pacifique et de l'océan Indien, 709 îles sont stables.

(Slide non montré)

Les corails aiment la chaleur, ils vivent autour de l'équateur.

Ces petits animaux, appelés polypes, sont en forme de mini anémone de mer.

Ils peuvent constituer des colonies.

Ils fabriquent un squelette commun qui, pour certaines espèces, devient la base fondatrice d'un récif corallien.

« coral cover » : pourcentage de surface du récif.

Soft : 8 tentacules en apparence.

Hard : constructeur de récif en calcaire à partir du calcium.

Le hard est très efficace pour développer son coquillage squelettique, bien que les coraux Acropora à croissance rapide soient vulnérables aux dégâts créés par les cyclones tropicaux, et qu'ils soient la proie préférée des étoiles de mer à couronne d'épines.

La couverture corallienne de la Grande Barrière de Corail, au patrimoine de l'Unesco, est au plus haut depuis 36 ans selon une publication de l'Institut australien des sciences marines (AIMS) du 3 août 2022.

Le rétablissement donne a posteriori raison au Professeur Peter Ridd, ancien directeur du Laboratoire de géophysique marine de l'Université James Cook de Townsville (Australie), qui avait été licencié en 2018 pour ses positions « climato-sceptiques ».

Par contre, une fois dissous, le CO₂ réagit avec l'eau pour former de l'**acide carbonique** H₂CO₃. Ceci entraîne une baisse du pH de l'eau.

Depuis le début de l'ère industrielle, le pH des océans a diminué d'environ 0,1 unité, ce qui représente une augmentation d'environ 30 % de l'acidité par rapport aux niveaux préindustriels. La modification de la chimie des océans nuit aux formes de vie qui dépendent de coquilles et de squelettes à base de carbonate de calcium, aux organismes sensibles à l'acidité (alcalinité qui baisse) puis à la chaîne alimentaire.

Signalons enfin l'exploitation minière des coraux (calcaire), la pollution marine et la surpêche.

Slide 21.

À gauche en bas, ouragans Atlantique Nord ou Pacifique Nord-Est
= Cyclones Océan Indien et Pacifique Sud
= Typhons Pacifique Nord-Est.

Cyclone : une température élevée de l'eau de surface ("Sea Surface Temperature" (SST)) engendre une forte évaporation, puis la formation massive de nuages.

L'air atmosphérique se met alors en rotation autour d'un centre de basse pression local, à cause d'un vent fort sous l'effet de la force de Coriolis.

La **force de Coriolis** est une force fictive, inertielle, agissant perpendiculairement à la direction du mouvement d'un corps en déplacement.

Dans un milieu, un référentiel, lui-même en rotation uniforme, en l'occurrence la Terre.

Tel que vu par un observateur partageant le même référentiel.

En haut à gauche en haut, **Hélène** est un système formé au sud de la Jamaïque, devenu un puissant ouragan en tant que tempête de catégorie 4.

Le pic de chaleur est inexplicable, dépassant toute prévision météo ou prédiction climat.

Des pluies abondantes créent un événement de pluies précurseur (PRE).

Vents de 220 km/h.

Un blocage atmosphérique pendant 72 heures avec une onde de 2,94 m : toutes les eaux montent d'un étage pendant 3 jours.

260 morts ou disparus, équivalant à Camille en 1969 (256), seulement surpassé par Katrina en 2005 (1200), et à un bien moindre degré par Audrey en 1957 (390).

Slide 22.

En haut à gauche, 1913, peinture à l'huile au Musée des Beaux-Arts de Valence.

En bas à gauche, suite à 1957, le détournement du fleuve Turia par un canal est décidé par Francisco Franco, chef de l'État espagnol 1er oct 1936 - 20 nov 1975.

En haut au milieu, **DANA**, expression passée dans le vocabulaire espagnol, est une Dépression Isolée à Niveaux Élevés = une goutte froide = une tempête d'automne.

Un creux barométrique d'altitude ayant une forte composante Nord-Sud entraîne l'air froid vers les régions méridionales et finit par créer une dépression fermée à tous les niveaux, en marge de la circulation générale, surmontée d'un dôme d'air froid.

Les précipitations enregistrées en 2024 ne sont pas supérieures à celles en 1982.

Le volume de la crue, 2 500 mètres cubes par seconde en 2024, est le tiers des 7 500 mètres cubes par seconde en 1982.

Pour les plus courageux : High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation, 12/03/25, Nature "Here we show that Med. precipitation has largely remained stationary from 1871 to 2020, albeit with significant multi-decadal and interannual variability."

En bas au milieu, **il existe une continuité de ces évènements, complètement indépendante de l'évolution thermique de la Mer Méditerranée** ou de la côte.

Pour mémoire, 2 000 morts ou disparus au nord de Barcelone en 1962.

À droite, la carte régionale.

Rivière Turia (noir).

Le canal Turia (bleu) a bien joué son rôle mais il a créé une submersion au virage du Sud vers l'Est. La majorité des 228 Morts et disparus étaient vers cet endroit, à Paiporta.

Le Barranco del Poyo (rouge) n'a pas de barrage régulateur, un projet étant sans cesse retardé.

Par contre et heureusement, dans la rivière Magro (vert), un affluent du Júcar (fuschia), le réservoir de Forata en amont de Turís date de 1969 ; pratiquement vide au début, il a permis d'écarter la crue.

À signaler également, des changements drastiques dans l'utilisation des sols (anciens vergers).

Des zones très urbaines, des villes-dortoirs, des parkings inondables.

Pas de bassin d'orage.

Cf. Dam Removal Europe pour protéger la biodiversité.

Plus un manque d'efficacité des différentes agences gouvernementales, des mesures préventives jusqu'à la gestion de crise.

Slide 23.

En haut à gauche, dans l'océan Indien Sud, en moyenne 9 cyclones se forment chaque année, donc ce n'est pas en soi un phénomène surprenant.

Au milieu, par contre, **Chido** a eu une intensité extrême.

Au moment où il a touché Mayotte, il était de catégorie 4 sur 5, extrêmement puissant.

Ce n'est pas impossible dans l'Océan Indien, mais c'est rare.

Au-delà de la puissance, c'est la trajectoire du cyclone qui fait toute la différence.

À l'échelle de l'océan Indien, Mayotte est très petite, donc il était très peu probable qu'un cyclone l'atteigne ; mais en l'occurrence, là, on a vraiment eu le scénario du pire.

La prévision était correcte, avec un bon calcul de trajectoire ; le cyclone aurait pu passer 50 kilomètres plus au sud ou plus au nord et Mayotte n'aurait subi aucun dégât.

Cela dit, l'oeil n'est pas vraiment passé sur Mayotte, ce sont les vents de cisaillement à sa périphérie.

L'alerte a été faite au bon moment, le drame a eu lieu parce que Mayotte était vulnérable.

40 morts et 41 disparus, peu de français.

En bas à gauche, **ClimaMeter** est un consortium international visant à attribuer les événements climatiques extrêmes au changement climatique.

Le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement de l'Institut Pierre-Simon Laplace est dans le sacro-saint de la doxa.

Leur analyse à chaud confirme que **l'évènement n'est pas relié au réchauffement climatique.**

Slide 24.

Les **tempêtes extratropicales**, hors des tropiques, et les cyclones tropicaux sont deux phénomènes bien distincts.

Nos tempêtes puisent leur énergie dans le jet-stream, un courant d'air situé entre 7 et 16 km d'altitude.

Ce dernier tire sa puissance du contraste thermique entre le pôle et les tropiques, ce qui accélère sa vitesse.

Chute de 24 hPa en 24 heures.

Ce phénomène résulte souvent de l'interaction d'un jet stream intense, d'un apport d'humidité et d'un effet baroclinique.

Les lignes d'égale pression isobares y croisent les **isopycnes**, les lignes d'égale densité.

Il agit alors comme un moteur intensifiant les tempêtes.

D'autres processus peuvent intervenir, comme une anomalie de tropopause.

Par exemple, une ondulation du courant-jet peut tirer de l'air froid stratosphérique vers le bas, renforçant la divergence en altitude et intensifiant ainsi la dépression, comme ce fut le cas pour **Eowyn**.

Eowyn.

Kirk en octobre 2024 était un autre phénomène, un ex-ouragan venu de l'Atlantique.

Une dépression qui s'est évacuée par le Nord-Est.

211 km/h relevés à Iraty, Pyrénées-Atlantiques.

Il est souvent tombé autant de pluie en une journée qu'habituellement en un mois.

Slide 25.

Les **tornades** ont des diamètres de quelques centaines de m.

Elles sont produites à partir d'une cellule convective unique (orage ou cumulonimbus).

Même à petite vitesse et à très courte échéance, leur chemin est totalement imprévisible.

Un **cyclone tropical**, lui, a un diamètre de quelques km.

Il a plusieurs cellules convectives, jusqu'à une douzaine.

À gauche, contrairement à ce qu'annonçaient les alarmistes, l'année 2024 a été dans la normale.

Au milieu, depuis le début de l'ère satellitaire (1970), l'activité cyclonique ne montre aucune tendance significative à l'augmentation.

Dépression (depression) vents jusqu'à 61 km/h.

Tempête (storm) tropicale vents de 62 à 118 km/h.

Major vents au-dessus de 178 km/h.

Category 3, 4 or 5 Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale.

Plus critère de pression basse. Milton 897 hPa. En 2005, Wilma 882 hPa.

En haut à droite, pour les plus courageux, lire :

<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01683-2>

Communications earth & environment, septembre 2024.

Les changements dans le caractère destructeur ("destructiveness") des cyclones tropicaux sont évalués dans le monde entier en utilisant l'indice de **dissipation de puissance** (power dissipation index, PDI) qui combine intensité, durée et fréquence.

Depuis 1994, on n'observe pas de tendance claire dans la plupart des bassins, et même une diminution significative dans le bassin Sud de l'océan Indien, presque entièrement due à une diminution de la fréquence et de la durée.

La diminution de la fréquence est influencée par une stabilité atmosphérique accrue.

En bas à droite, l'**énergie accumulée** est évaluée par unité de masse, en kt^2 (carré de la vitesse exprimée en noeuds, un noeud étant un mille marin par heure soit 1,852 km/h).

Slide 26.

Au milieu et en bas à gauche, la **formule de Clausius-Clapeyron** est une forme simplifiée de la formule de Clapeyron permettant son intégration dans le cas d'un équilibre liquide-vapeur d'un corps pur.

Contrairement à la formule de Clapeyron qui est valable quelles que soient les conditions de pression et de température, cette relation simplifiée n'est valable que pour un équilibre loin du point critique, lorsque le volume molaire du liquide est négligeable devant celui du gaz, et aux basses pressions, lorsque le gaz est parfait.

Le GIEC et beaucoup de météorologues l'utilisent beaucoup.

Par 1° C de réchauffement climatique, la doxa dit que :

- l'humidité de l'atmosphère augmente de 7 % ;
- les précipitations (et l'évaporation) moyennes mondiales de 1 à 3 %.

Ceci allonge la durée de vie de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, entraîne des changements dans la durée et la fréquence des précipitations, ainsi qu'une intensification globale, mais non une accélération, du cycle de l'eau à l'échelle planétaire.

En haut à gauche, le diagramme schématisé d'un **nuage convectif précipitant**.

La vapeur d'eau de la zone sous-nuageuse est attirée vers la base du nuage par la dynamique des tempêtes convectives et la convergence des basses couches.

Dans le nuage, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes.

Mais **il existe d'autres opinions**.

Au milieu en haut, *pour les plus courageux, lire*

<https://doi.org/10.5194/hess-24-3899-2020>

Revisiting the global hydrological cycle: is it intensifying?

Hydrology and Earth System Sciences (HESS), 2020

Demetris Koutsoyiannis dit que **la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère**, appelée à tort eau précipitable, **fluctue et n'augmente pas de façon monotone**.

Les plates-formes satellitaires Terra et Aqua, à tous les niveaux atmosphériques, suggèrent même des tendances à la baisse au 21e siècle.

Les précipitations et l'évaporation fluctuent et n'augmentent pas de façon monotone.

Sur tous les continents, les précipitations quotidiennes maximales mensuelles fluctuent et n'augmentent pas de façon monotone.

L'écart type des précipitations quotidiennes, moyennées au niveau régional, diminue, signifiant une désintensification des extrêmes.

Au milieu en bas, **l'évaporation océanique (Eo)** est la principale source de vapeur d'eau atmosphérique et de précipitations.

Bien qu'il soit largement reconnu que l'Eo peut augmenter dans un climat qui se réchauffe, des études récentes ont signalé une augmentation réduite de la vapeur d'eau mondiale depuis les années 2000 environ, ce qui soulève des doutes sur les changements récents de l'Eo.

En utilisant des observations par satellite, il est montré ici que si l'Eo mondiale a fortement augmenté de 1988 à 2017, la tendance à la hausse s'est inversée à la fin des années 2000.

Depuis lors, les deux tiers de l'océan ont connu une évaporation affaiblie, ce qui a conduit à une légère tendance à la baisse de l'Eo moyenne mondiale au cours de la période 2008-2017.

Cela suggère que, **même avec une surface saturée, un climat plus chaud n'entraîne pas toujours une augmentation de l'évaporation.**

L'inversion de la tendance de l'Eo est principalement attribuée à **l'accalmie du vent**, qui est probablement liée au passage de l'indice d'oscillation nord de phases positives à négatives.

Ces résultats offrent des informations cruciales sur les diverses réponses des changements mondiaux du cycle hydrologique au changement climatique.

Pour les plus courageux, lire :

Ma, N., Zhang, Y., & Yang, Y. (2025).

Recent decline in global ocean evaporation due to wind stilling.

Geophysical Research Letters, 52, e2024GL114256.

<https://doi.org/10.1029/2024GL114256>

Received 12 DEC 2024 Accepted 10 FEB 2025

À droite, **l'influence de la dynamique de l'atmosphère** est écrasante.

Elle **entrave l'attribution d'événements météorologiques extrêmes uniques sur la base d'arguments thermodynamiques.**

Les **cellules** sont basées sur des mouvements de convection.

L'air chaud se dilate et monte, tandis que l'air froid se contracte et descend.

Les **jets**, eux, sont basés sur la force de Coriolis (voir sa définition au slide 21).

Slide 27.

En France, le printemps 2024 a été le 4ème plus pluvieux enregistré depuis 1959, ce qui interroge le lien entre les précipitations et le changement climatique induit par les activités humaines.

En haut à gauche, pourtant, **aucune tendance nette** ne se dégage à l'échelle nationale concernant l'évolution globale des **précipitations annuelles.**

À une échelle géographique plus restreinte, on observe toutefois une augmentation des pluies hivernales sur la moitié nord du pays et une diminution des précipitations estivales sur la moitié sud.

Source : Polytechnique Insights, 8 Janvier 2025.

D'ici 2100, les projections ne prévoient pas de tendance claire pour les précipitations annuelles, mais indiquent **des disparités saisonnières et régionales** plus marquées.

Si les précipitations devaient augmenter au nord de l'Europe sous l'effet du changement climatique, le bassin méditerranéen deviendrait plus aride.

Source : Polytechnique Insights, 14 mars 2025.

Gilles Grandjean, co-directeur du programme scientifique PEPR France 2030 Risque (IRIMA).
Le changement climatique accroît les risques de **glissement de terrain**, mais son rôle précis dans leur survenue reste encore difficile à établir.

Si des capteurs sont installés pour surveiller les glissements de terrain les plus importants, de nombreux versants montagneux ne sont pas équipés de capteurs.

Dans certains territoires, on observe une augmentation de la fréquence des instabilités gravitaires en lien avec les précipitations (notamment en raison du changement climatique).

L'anthropisation des territoires influence les risques de glissement : les talus peuvent par exemple être fragilisés par la construction d'infrastructures ou le défrichement.

En bas à gauche, **Nice**: pas de tendance visible sur 104 ans pour les moyennes mensuelles des précipitations journalières.

Source : KNMI, institut royal météorologique des Pays-Bas, climate explorer.

Fourni par Camille Veyres.

Déluge en novembre 1926, 20 morts à Roquebillière le vieux.

Alex du 2 au 3 octobre 2020, 18 victimes au total.

Pour les plus curieux : sur le site KNMI, vous pouvez obtenir n'importe quelle donnée locale en rentrant des coordonnées GPS.

À droite, la **théorie des valeurs extrêmes** (EVT) est une approche statistique qui se concentre sur l'analyse des événements ou des valeurs extrêmes dans les données, plutôt que sur l'hypothèse d'une distribution normale ou symétrique.

Lois de Gumbel, Fréchet, Weibull très présente dans la nature.

Slide 28.

Pour les plus courageux, lire

https://www.scmsa.eu/archives/SCM_VLB.pdf

Perspectives de pluviométrie extrêmes pour la Ville de Villiers le Bâcle

L'apport des méthodes probabilistes pour l'aide à la décision, octobre 2024

La Société de Calcul Mathématique SA montre comment les mathématiques peuvent aider à appréhender les phénomènes climatiques extrêmes.

Nous ne connaissons pas la valeur exacte du **taux de risque**.

Nous le considérons comme une **variable aléatoire**, dont nous allons préciser la loi en nous servant de l'historique et en tenant compte du voisinage jusqu'à 20 ou 30 km dans l'Essonne.

Oui ou non, devons-nous réviser notre réseau d'évacuation des eaux ?

À cette question, une réponse, également précise, immédiate et déterministe :

1) il n'y a pas d'urgence : la probabilité que quelque chose se produise en cinq ans est faible (0,3) ;

2) vous devez néanmoins planifier l'amélioration du réseau : la probabilité sur dix ans est significative (0,5).

La **formule de Laplace** n'est pas intuitive.

Exemple avec des petits chiffres.

Si vous jouez 2 fois à Pile ou Face, la probabilité de sortir deux Pile est 1/4.

Mais si vous jouez 4 fois, la probabilité de sortir au moins deux Pile est 11/16 soit presque 69 %.

Elle était faible; elle devient grande.

Henri VORON (Ingénieur agronome, Ingénieur en chef honoraire des Ponts, des Eaux et des Forêts), ACR, loi ZAN (zéro artificialisation nette).

L'infiltration est conditionnée par plusieurs facteurs.

Sur les surfaces artificialisées en pente, le ruissèlement est toujours supérieur à l'infiltration.

Par ailleurs, sur terrains plats, **la vitesse d'infiltration, qui dépasse rarement le millimètre par minute, est souvent inférieure à l'intensité pluviométrique, qui peut atteindre 3 millimètres par minute** pour les violents orages.

Enfin et surtout, le sol est souvent saturé, notamment par un premier épisode pluviométrique.

En clair, sa porosité, de 30 % par exemple sur un mètre de profondeur, est saturée d'eau.

Le réservoir potentiel du sol est plein et déborde.

L'eau se met à stagner en surface.

Si un second épisode pluvieux arrive, ce qui est le cas général lors des événements exceptionnels, l'eau qui tombe sur de l'eau s'ajoute et ne s'infiltré pas plus que sur du béton.

C'est l'eau elle-même qui « bétonise » ou « artificialise » le site concerné.

Slide 29.

En haut, au milieu et à droite, les équations différentielles sont au départ celles utilisées par les modèles météorologiques pour le mouvement, la densité, la température, l'humidité et la pression. Par exemple, le vecteur p correspond à celui de la Terre dans l'espace).

En bas à droite, un million de cases $100 \times 100 \times 5$ km pour l'atmosphère, cent millions pour l'océan.

Plus des hypothèses sous maille (par exemple, des problèmes sont affinés à une altitude inférieure à 10 km dans les régions tropicales).

Et il faut tenir compte des rétroactions.

Les lois fondamentales de la physique permettent de calculer la façon dont l'air, l'eau et l'énergie (le carbone) se retrouvent dans les cases voisines selon une certaine période.

En bas à gauche, enfin la simulation est initialisée et le modèle est réglé.

Sommes toutes, **avec un supercalculateur mille fois plus rapide que ceux d'aujourd'hui, dans deux ou trois décennies, la durée du calcul sera encore de deux mois.**

La plupart des **modèles** chauffent trop et, selon certains, sous-estiment la variabilité naturelle.

La **sensibilité climatique**, c'est à dire l'augmentation de la température qui résulterait d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre, une fois l'équilibre radiatif atteint, est l'objet d'incertitudes élevées.

Pour le budget carbone, on utilise la **réponse climatique transitoire** (TCR) : on augmente le dioxyde de carbone de 1% par an jusqu'au moment où il est doublé, et non au moment où le climat s'est stabilisé.

Pour les plus courageux : dans Quantamagazine de mars 2025, des mathématiciens expliquent que l'on ne pourra jamais prédire le climat.

Ils combinent les outils conceptuels de la machine de Turing (programmation informatique) et du théorème d'incomplétude de Gödel (indécidabilité de la résolution des équations différentielles).

"Next-level chaos traces the true limit of predictability".

Slide 30.

Shared Socio-economic Pathways (SSP).

Scénario RCP 8.5. Une augmentation de 8,5 watts par mètre carré (W/m²) entre 1750 et 2100. La température moyenne annuelle de la surface terrestre devrait augmenter d'ici la fin du siècle (2071-2100 par rapport à 1971-2000) de 2,5 à 5,5 °C.

La **World Weather Attribution** est rapide, mais sans "peer review", examen par les pairs.

Pour l'attribution d'un évènement, une notion de période de retour, durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement, un évènement d'une même intensité se reproduit.

Un intervalle de confiance.

Le calcul se fait alternativement dans le monde factuel et dans un monde sans perturbation humaine. Sont alors comparées les deux probabilités obtenues, afin de quantifier l'importance de l'influence humaine.

Le même procédé est utilisé pour évaluer l'impact sur l'intensité, en raisonnant à probabilité d'occurrence donnée.

M. Béchu, février 2023, + 4° C pour la France.

Du 25 octobre 2024 au 27 décembre 2024, le public a été consulté sur la troisième édition du Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC).

Le Plan vient d'être publié ; nous sommes en France : presque 500 pages, des centaines d'actions et des dizaines de nouveaux plans administratifs locaux...

Slide 32.

Liane, plante à croissance continue.

Antagonisme constitutif (génétique) entre croissance végétative et mise à fruit privilégiant a priori la croissance.

Viticulture : mise à fruit au détriment de la croissance.

Augmentation de la chaleur (température) : plus grande précocité du cycle végétatif de la vigne.

En premier lieu un débourrement plus précoce au printemps, sensibilité aux gelées printanières.

En second lieu une maturité avancée en date (raisins plus riches en sucre donc vin plus riche en alcool, ce qui modifie l'équilibre gustatif du vin).

Changer de cépage, de lieu.

Sécheresse. Risque sur maturité (sucre) et circulation sève. Irrigation (Languedoc) goutte à goutte.

Temps et goût.

Slide 33.

Erreur de raisonnement.

Qui a démontré que le climat est déterminé par le mouvement de la Terre autour du Soleil ?

Quand je dis "j'ai 65 ans", je dis que j'ai fait 65 fois le tour du Soleil à plus de 100 000 km/h.

L'intérêt des paysans puis des agriculteurs est d'utiliser un calendrier qui ne se répète pas à l'identique d'une année à l'autre.

Dés indiens, dynastie chinoise avant l'an mille.

L'imprimerie en Europe au milieu du XIVe siècle permet le jeu de cartes.

52 cartes = 52 semaines dans l'année.

3 personnes différentes (valet, dame et roi) et 4 couleurs = 12 mois de l'année.

4 couleurs = 4 saisons de l'année.

Somme des points de chaque couleur 91 = la longueur de chaque saison.

Le noir et le rouge = solstice d'été et équinoxe d'automne.

Somme de tous les points, en ajoutant le joker, 365 = nombre de jours dans l'année.

Le second joker pour les années bissextiles multiples de quatre mais pas de cent, à l'exception des années multiples de quatre cents.

Slide 34.

Le **gaz carbonique**, souvent confondu avec le monoxyde de carbone, **n'est pas un polluant**.

280 ppm en 1850, 425 ppm aujourd'hui (+ 145 ppm).

Le danger serait plutôt l'inverse de la tendance actuelle.

Sous 150 ppm, la plupart des végétaux n'existeraient plus et **l'humanité serait menacée d'extinction**.

L'augmentation du CO₂ dans l'air a favorisé la croissance de la biomasse végétale mondiale.

À droite, très clair pour le blé ("corn"), les courbes étant confondues.

Cette augmentation est profitable à l'agriculture en accroissant les rendements des cultures dans le monde entier.

Slide 35.

Les seuls êtres vivants capables de créer des substances organiques à partir d'éléments minéraux sont les organismes photosynthétiques, principalement les plantes vertes.

Le **processus bioénergétique** permet à des organismes de synthétiser de la matière organique en utilisant l'énergie lumineuse, l'eau et le dioxyde de carbone.

Le CO₂ est ainsi essentiel à toute vie sur Terre.

Une plus grande quantité de CO₂ est favorable à la nature et rend notre planète plus verte.

L'augmentation du CO₂ dans l'air a favorisé la croissance de la biomasse végétale mondiale.

Cette augmentation est profitable à l'agriculture en accroissant les rendements des cultures dans le monde entier.

Les **stomates** sont des pores à la surface des feuilles, 50 à 500 trous microscopiques par mm².

Quand la plante ne croît plus en longueur, leur surface (les trous) diminue.

Slide 36.

En haut à gauche, toutes sortes de **données** sur le site de l'**Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)** des Nations Unies.

Cassava manioc, Barley orge, Maize ≠ Corn.

Attention à ne pas confondre les rendements avec les productions.

Beaucoup d'exemples en France où les rendements augmentent, alors que les productions correspondantes baissent pour des raisons légales ou réglementaires, économiques.

Attention aussi à certaines politiques "climatiques" ou écologiques qui contraignent l'utilisation des engrais.

Exemple du **Sri Lanka**, 22 millions d'habitants, dont le revenu par habitant est plus élevé que celui de l'Inde.

Moins de touristes pendant Covid19.

Hausse des prix de l'énergie.

En avril 2021, interdiction totale de l'utilisation des **engrais synthétiques**.

Dès l'hiver suivant, la production agricole diminue de moitié.

Achat à la Chine d'engrais organiques pleins de bactéries nocives.

Retour sur l'interdiction, notamment pour le thé.

Une personne sur trois, un enfant sur deux, en insécurité alimentaire aiguë.

En haut à droite, Above-Ground Live Biomass, **le taux de couvert des forêts**.

Chine volontariste, à l'origine pour fixer la pollution au sol.

Responsabilités humaines connues au Brésil, en Afrique équatoriale (cuisson et chauffage) et en Asie (palmier à huile).

En bas à droite, l'**indice de surface foliaire**, Leaf Area Index (LAI), est une grandeur sans dimension qui exprime la surface foliaire d'un arbre, d'un peuplement, d'un écosystème ou d'un biome par unité de surface de sol.

Flux de travail des tendances significatives (TST) qui améliore l'approche conventionnelle.

Dans les forêts européennes, cet indice peut varier de 2 dans les pinèdes à plus de 10 dans des plantations de résineux denses.

En ville on parle parfois d'**indice de canopée**, l'un des indices possibles de couvert ligneux urbain correspondant au % de la projection au sol des couronnes des arbres ou groupes d'arbres de plus de 3 m. de hauteur sur la zone considérée.

La Métropole du Grand Lyon l'a évalué à 27 % en 2024.

Slide 37.

Le Haut Conseil pour le Climat et l'Office National des Forêts (ONF) ont attiré l'attention récemment sur le **puits de carbone**.

En 2021, la forêt a absorbé 31,2 Mt CO₂ soit 7 % de nos émissions de GES, qui ont augmenté notre stock de 1 %.

L'absorption annuelle a baissé de 48 % en une décennie.

En 2023, 11,3 milliards d'arbres sur 17,3 milliards d'hectares en France métropolitaine.

Sur 2013-2021, les coupes ont augmenté de 9 %, mais le bois d'oeuvre a baissé au profit du **bois énergie**.

La production biologique a diminué de 4 % par rapport à 2005-2013 et la mortalité des arbres a crû de 80 %.

Sécheresses répétées.

Parasites.

Tempêtes (fin 1999, 968 000 ha soit 6 % du total) : les 26, 27 et 28 décembre 1999, les **tempêtes Lothar et Martin** avaient ravagé le territoire français et provoqué la mort de 92 personnes.

Feux (72 000 ha brûlés en 2022 soit 0,4 % du total) donc beaucoup moins que les tempêtes.

Déséquilibre entre forêt et **ongulés** (cerf, chevreuil, sanglier) malgré une chasse importante (trop de maïs).

Selon l'ONF, **trois espèces** sont fortement **menacées**.

L'épicéa par les scolytes, des insectes de 2 à 7 mm dans le cambium sous écorce.

Le châtaignier par la maladie de l'encre, un pathogène microscopique, le phytophthora dans l'eau et par les racines.

Le frêne par la chalarose, un champignon.

Par ailleurs, il est difficile de lutter contre les **chenilles processionnaires**, car les moyens chimiques tuent les autres papillons et insectes qui contribuent à la richesse biologique des forêts.

L'**hylobe**, un genre de charançon, attaque les conifères (solution de l'enrésinement des feuillus ?)

Slide 39.

Le **cycle hydrologique**.

La quantité d'eau est immuable, mais le cycle de l'eau est déséquilibrable.

Polytechnique Insights, février 2025. « Il n'existe pas de critère universel sur ce qui constitue une sécheresse », note le chercheur Toby R. Ault.

Pour la suite, Hervé Douville, chercheur au Centre National de Recherches Météorologiques.

La sécheresse, comme l'inondation, est un péril lié aux précipitations.

On parle alors de **sécheresse météorologique** et l'on retrouve une problématique déjà vue (voir le slide 26).

Les sécheresses météorologiques sont peu affectées par le réchauffement climatique.

Des scientifiques montrent que parmi les 103 sécheresses étudiées jusqu'à présent, 71 ont été rendues plus sévères ou probables par le réchauffement climatique.

Il impacte les sécheresses en modifiant les précipitations, en diminuant les stocks de neige dans certaines régions et en augmentant l'**évapotranspiration**.

On observe une augmentation des **sécheresses agricoles** partout dans le monde.

Sans diminution drastique des émissions de GES, environ un tiers des terres devraient souffrir d'une sécheresse au mieux modérée d'ici 2100.

Mais, en haut à gauche, les chiffres semblent avoir baissé fortement depuis 1982.

Voir également le slide 51, l'exposition aux inondations baisse.

En haut à droite, contradiction entre les prédictions et ce qui est observé depuis l'an 2000, concentré sur la pointe Nord-Est de l'Afrique, en particulier la Somalie.

En Californie, le réchauffement climatique accroîtrait la fréquence de **coups de fouet hydroclimatiques** ("whiplash"), il y a un décalage croissant entre les années humides et les années sèches selon Daniel Swain; ceci est contesté.

Alors que les années humides sont déterminées avec certitude en mesurant les précipitations, les années sèches sont estimées à partir des variations de l'évapotranspiration qui ne peuvent pas être mesurées directement.

La variabilité des précipitations pendant la saison des pluies en Californie ne change pas.

L'incapacité de mesurer l'évapotranspiration crée une grande incertitude sur l'estimation des tendances à la sécheresse.

Daniel Swain soutient que les inondations et les sécheresses sont aggravées par le réchauffement climatique parce qu'une atmosphère plus chaude peut contenir davantage de vapeur d'eau (voir à nouveau le slide 26).

Le gros défaut de cet argument est que l'atmosphère ne peut pas absorber davantage de vapeur d'eau, quelle que soit sa température, si l'humidité n'est pas disponible.

La disponibilité de l'humidité, elle, dépend de la dynamique qui transporte l'eau des océans vers les terres.

En bas, il suffit de considérer le fait que malgré les températures très chaudes du désert du **Sahara**, celles-ci n'augmentent pas les taux de précipitations ou d'évaporation dans le désert.

C'est la sécheresse du Sahara qui est à l'origine de températures aussi élevées.

Depuis l'an 2000, le Sahara a reverdi d'une superficie égale à celle de la France.

Slides 40 et 41.

Comme le problème s'est fortement atténué en 2 ans, il n'est sans doute pas dû au climat.

À **Perpignan**, la ville et sa proche banlieue comptent 50 % de résidences secondaires, plus un tourisme de masse qui envahit le littoral en été.

Slide 42.

À gauche, l'article publié dans Nature indique que **les forêts américaines ne brûlent pas assez sous le contrôle de l'homme**, condition nécessaire pour que la biomasse au sol reste de bonne qualité.

Seule la zone **Taïga et Hudson Plain** tout au Nord (couleur mauve) atteint cet objectif.

Aux USA 5 % d'origine naturelle (foudre, geysier).

À droite et en bas, **Pacific Gas and Electric** est coupable de l'incendie le plus meurtrier de l'histoire récente en Californie.

Il a tué 86 personnes en 2018.

« Camp fire » dans la vallée de **Paradise**.

Noter les lignes électriques sur la photo.

PG&E a dû déclarer faillite en janvier 2019 en raison des énormes responsabilités financières liées à cet incendie.

Elle a accepté de payer 13,5 milliards de dollars aux victimes de l'incendie dans le cadre d'un accord.

Comme la cause principale était la vétusté des réseaux électriques, 16 000 km de câbles ont été enterrés depuis.

Slide 43.

Cette fois, on passe du paradis à la cité des Anges.

À fin janvier 2025, 29 morts + 10 disparus, 16250 habitations détruites, 20000 ha brûlés.

La relation de la **Californie** avec le **feu** est antérieure à la révolution industrielle.

Les archives et les études historiques montrent que les grands incendies de forêt font partie intégrante de l'écosystème de l'État.

Selon l'US Geological Survey, la fréquence des grands incendies de forêt en Californie du Sud est restée relativement constante au cours du siècle dernier, les établissements humains et la gestion des terres jouant un rôle bien plus important que les tendances mondiales en matière de température.

Graphique en bas à gauche.

Sur longue période, la Californie ne connaît pas de déficit de précipitations.

Le climat de la Californie est très influencé par les variations de températures de surface de l'océan Pacifique équatorial.

El Niño Southern Oscillation (ENSO) est bien documentée.

Le grand événement El Niño de 2015-2016 a conduit à une succession d'années chaudes et sèches en Californie.

Les étés sont longs et très secs, mais les hivers peuvent être très humides.

L'herbe et divers combustibles poussent après les hivers 2023 et 2024 très pluvieux, suivis par une sécheresse sévère qui a sévi du 1er juillet 2024 au 5 janvier 2025.

Températures plutôt basses.

On a également observé tout ceci en 1990, 1991 en 2000 et plus récemment en 2020.

En haut à gauche, les **vents de Santa Ana** sont ni nouveaux ni liés au changement climatique.

L'air froid s'accumule au Nevada et dans l'Utah, puis il dévale les montagnes.

Ils créent d'abord des conditions favorables à des incendies de forêt en asséchant la végétation, puis ils les attisent.

160 km/h.

L'augmentation du **coup de fouet météorologique** (« whiplash », voir le slide 39) dû au changement climatique : **Jean Jouzel lui-même répond non** sur France-Info le 16/01/25.

Pacific Palisades, Eaton, Hurst et Sunset ; 12% de Los Angeles en superficie.

En haut à droite, la chaîne côtière autour de Los Angeles et de San Diego est revêtue par une végétation très fine appelée « **chaparral** » (maquis ou garrigue), qui sèche très vite en dégageant des huiles essentielles, des « 1-10 hr fuels » qui sèchent en moins de 10 h.

L'écosystème favorise ainsi une combustion rapide.

Même pendant des périodes humides, les niveaux d'humidité du carburant reviennent au niveau de combustion entre deux averses.

Entretien des forêts, **débroussaillage, coupe-feu** souvent interdits en Californie.

Le 3 mars 2025, le gouverneur de Californie Gavin Newsom admet qu'il faut revoir tout ceci : "clearing of flammable brush", "raking of the forest", "fuel breaks", "prescribed fires").

En bas à droite, Cliff Mass, Washington, voir son blog.

32 heures avant, sa carte donne les futurs départs de feu avec une précision de **1,3 km** !

UW Research Scientist David Ovens : "That is why I blogged a strong warning the day before.

Why the National Weather Service did the same. LA officials should have know a severe threat was in place."

Procrastination de la mairie.

Slide 44.

En haut à gauche, le **réservoir Santa Ynez** au-dessus de Pacific Palisades était sec et hors ligne. La couverture déchirée a été remplacée en 2011 pour 20 ans, puis elle a été déchirée à nouveau au printemps 2024.

Difficultés, car c'est une forme de coquillage assez plat, par opposition à un barrage vertical en amont, banni pour raison de biodiversité.

Le poisson dit **éperlan** a besoin d'un mélange d'eau salée et d'eau non salée.

On s'est empêché de détourner l'eau du delta de Sacramento jusqu'à Los Angeles pour le diriger vers son écosystème.

Jay Lund, professeur d'ingénierie environnementale à l'Université de Californie : les réservoirs d'eau de Los Angeles sont conçus pour lutter contre les incendies situés dans les maisons et non dans les espaces ouverts.

Le problème n'est pas qu'il n'y a pas assez d'eau dans le sud de la Californie, le problème est qu'il n'y a pas assez d'eau dans cette région particulière du sud de la Californie pendant les quelques heures nécessaires pour lutter contre les incendies.

Combattre les incendies avec plusieurs bouches d'incendie extrayant l'eau de l'aqueduc pendant plusieurs heures n'est pas soutenable.

Le relief, le vent et la mauvaise visibilité empêchent l'utilisation de moyens aériens pour lutter contre les incendies.

Au milieu, pas de coupure du **réseau électrique** même après le début des incendies.

À droite, pour des raisons historiques, les Américains bâtissent des **maisons** en bois.

Souvent mal construites : toits inflammables, absence d'écrans pour empêcher les braises de pénétrer dans les espaces domestiques.

Bling-bling, de très grandes surfaces ouvertes sans structure métallique, avec peu de murs porteurs.

Seules les cheminées en brique restent debout.

Stuc (chaux) et staff (plâtre).

Origine des feux a priori 100 % humaine.

Particularité des **sans-abri**, responsables de 14 000 incendies à Los Angeles en 2024.

Par contre, assez peu d'incendiaires (« arsonists ») car ils sont souvent pris puis punis très sévèrement.

14,5% de toutes les maisons en Californie sont dans des zones sujettes à des incendies de forêt à cause de la crise du logement qui pousse de nombreux californiens à s'installer dans des zones en périphérie des villes, à la lisière des forêts et dans des zones dont la végétation est inflammable.

Réglementation absurde de l'**assurance**, qui a empêché les compagnies de fixer leurs primes en fonction des risques effectifs d'incendie, pour les obliger à se baser uniquement sur les incendies passés.

Slide 45.

En haut, en France, en 2022, 98,4 % des feux sont d'origine humaine, 1,6 % des feux sont d'origine naturelle (41 sur 2577).

Le vent a été le facteur principal.

À droite, ce qui a été retenu sur le site ministériel et ... l'historique en remontant plus loin en arrière.

En bas et à gauche, Canadian National Fire Database.

1 ha = 10 000 m². France ≥ 500 000 km² = 50 000 000 ha.

Donc en 2023, l'équivalent d'un tiers de la France a brûlé au Canada.

Éric Ducharme, auteur de "Dystopie du changement climatique", s'interroge sur les chiffres très élevés, atypiques, pour les incendiaires et pour la foudre.

L'insolation, pas la température, était élevée.

Beaucoup de résineux.

Slide 46.

Histoire du climat.

L'**homme** est un **singe**, une **espèce tropicale** qui partage son patrimoine génétique avec les bonobo, gorille, chimpanzé et orang-outan.

L'homme de Néandertal aurait du mieux résister au froid que l'Homo Sapiens au nord de l'Europe. Sa disparition est expliquée notamment par des difficultés sociales, des trop petites colonies.

Hypothermie forte 28°C (survie de 4 heures dans une eau à 10 °C).

Hyperthermie (différente de la fièvre pour les défenses immunitaires) 41,5 °C.

La quantité de **chaleur** stockée dans le **corps humain** est déterminée par la combinaison entre :

- a) l'incapacité à éliminer la chaleur interne générée par les processus métaboliques en raison du stress thermique environnemental ;
- b) les vêtements ;
- c) le gain de chaleur externe.

L'incapacité du corps à réguler la température interne et à éliminer le gain de chaleur dans de telles conditions augmente le risque d'épuisement.

La pression exercée sur le corps lorsqu'il essaie de se refroidir stresse également le cœur et les reins.

Donc les chaleurs extrêmes peuvent aggraver les risques pour la santé liés aux maladies chroniques (cardiovasculaires, respiratoires, diabète et troubles mentaux) et causer des lésions rénales.

Slide 47.

Pour le froid, les vagues ne sont pas forcément les plus dangereuses (cf. sans-abri en hiver), donc la comptabilité tient compte de toutes les circonstances.

Pour le chaud, il existe des biais :

- le vieillissement de la population ;
- des personnes qui de toutes les façons seraient mortes peu de temps après (idem Covid19) ;
- puis au fil du temps la prévalence croissante des maladies non transmissibles non contrées par la vaccination ni par le progrès des médicaments (maladies respiratoires et cardiovasculaires, diabète, démence, maladies rénales et musculo-squelettiques).

La mortalité liée à la chaleur chez les personnes de plus de 65 ans a augmenté d'environ 85 % entre 2000-2004 et 2017-2021.

Aucun acte de décès ne porte la mention médicale "mort de chaleur".

Ce sont des études a posteriori qui établissent des corrélations et qui évaluent des morts prématurées.

La **canicule** est une convention locale qui n'est pas normée au plan scientifique, ni réglementée au niveau européen.

Vient du latin "canicula", la petite chienne, l'autre nom de Sirius, l'étoile principale de la constellation du grand chien très visible à la fin de l'été.

Par exemple, à Toulouse, Météo-France parle de canicule quand, durant 3 jours et 3 nuits, les températures maximales atteignent 36 °C et les températures minimales restent supérieures à 21 °C.

Nouvelle notion de **nuit tropicale** > 20° C en France.

Un peu ridicule quand on se compare aux pays concernés.

Les **vagues de chaleur** de forte intensité peuvent entraîner une mortalité aiguë élevée.

Entre 2000 et 2019, environ 489 000 décès imputables à la chaleur sont survenus chaque année (sur 65 millions), dont 45 % en Asie et 36 % en Europe.

En Europe, l'événement de juin-août 2003 a causé 70 000 décès.

Toujours en Europe, à l'été 2022, on estime à 61 672 le nombre de décès excédentaires liés à la chaleur.

Cela dit, en **France** :

En août 2003, le nombre cumulé des décès a été en excès d'environ 14 800 entre le 1er et le 20 août, soit une augmentation de 60% par rapport à la mortalité attendue sur cette période.

En 2022, plus dur que 2003 à bien des égards, le bilan officiel des trois épisodes de canicule n'a totalisé que 2 816 décès, soit une augmentation de 16,7% sur les zones concernées.

La climatisation d'une pièce par EHPAD et les mesures préventives contre la déshydratation portent leurs fruits.

À rapporter à 646 000 décès sur l'année 2024.

À droite, **climatisation** de 90% des logements aux USA, 25% en France.

Slide 48.

En haut à gauche, c'est surtout en **hiver** que la température augmente.

Plus un rappel en avril, jusqu'aux saints de glace mi mai.

Danger des gelées tardives sur les fruitiers.

Exemple des abricotiers dans la Drôme en 2024, avec une perte finale de 40%.

En haut au milieu, des **points chauds régionaux** non prévus par la modélisation climatique.

En bas à gauche, selon Climate Science Special Report, la fréquence et l'ampleur des nombres de jours des **périodes de chaleur** ("warm spells") ont tendance à diminuer aux **États-Unis**.

En bas au milieu. « The **Urban Heat Island** ».

Willie Soon, Center for Environmental Research and Earth Sciences (CERES).

"Our published rural record suggests that the IPCC's temperature estimates might have up to 40% extra warming due to urban bias and flawed homogenization."

À droite, les **villes** ne sont pas conçues pour réduire au mieux l'accumulation et la production de chaleur urbaine, compte tenu du manque d'espaces verts et de matériaux de construction inappropriés (par exemple, des toits métalliques) qui amplifient l'exposition humaine à la chaleur excessive.

Slide 50.

À noter, le poids écrasant des **séismes**, 700 000 morts.
Dont, en décembre 2004, le tsunami sur Sumatra et dix pays d'Asie, 220 000 morts.

À noter aussi, le poids important du **facteur humain**.

En mai **2008**, en **Birmanie**, le cyclone Nargis, 134 000 morts.
La junte militaire ne tient pas compte des alertes données par l'Inde puis refuse l'aide internationale.

En **2011**, en **Somalie**, interférence avec la guerre et la violence.

75 % des personnes souffrant de **la faim dans le monde** vivent dans des régions touchées par **la guerre et la violence** ("early warning hunger hotspots" avec une visibilité semestrielle).

En septembre **2023**, le cyclone subtropical / la tempête Daniel, des inondations Est Méditerranée Grèce.

Surtout en **Libye**, deux barrages sur l'oued Derna qui relie les montagnes à la Méditerranée, ceux d'Abou Mansour et d'al-Bilad, cèdent.

Situés respectivement à 13 et 1 km de la ville côtière de Derna, c'est elle qui subit les pires conséquences.

11 400 morts.

L'Italie va reconstruire plusieurs barrages très modernes.

Slide 51.

À gauche, une migration climatique interne.

Des effets progressifs dans les pays en développement : raréfaction des ressources en eau, diminution des rendements agricoles, élévation du niveau des océans.

Des zones particulièrement sensibles (Sahel, Bangladesh, Yémen, Somalie).

Des évidences, comme par exemple les 8 millions de Pakistanais qui ont dû fuir les inondations du delta de l'Indus en 2022.

À droite, "The groundswell", la **lame de fond**.

Le Haut-Commissariat des Nations Unies pour les Réfugiés (HCR).

Pas de cadre juridique formel, mais un caractère opérationnel affirmé.

Slide 52.

Au 1er janvier 2025, la taxe **Catastrophes Naturelles** est (de 12 à) 20 % sur les contrats d'assurance de dommages aux biens (habitation et professionnels) et (de 6 à) 9% pour les contrats automobiles.

Il s'agit d'un régime public-privé, composé des assurances privées, de la réassurance publique (Caisse Centrale de Réassurance, CCR) et de l'État.

À droite, la moyenne européenne 1980-2023 est dans la zone de **0,1 % du PIB**.

Pour les plus courageux, lire

Coût des catastrophes naturelles : un mensonge de plus

Association des climato-réalistes, Rémy Prud'homme, 26 mars 2025

<https://www.climato-realistes.fr/cout-des-catastrophes-naturelles-un-mensonge-de-plus/>

Slide 53.

À gauche, selon **France Assureurs**, en 2023, 45,9 millions de contrats ont totalisé 12,8 milliards d'euros de cotisations.

Les catastrophes naturelles correspondant à un arrêté interministériel paru au JO avec aléa et zone (si garantie dommages) ont concerné un contrat sur mille soit 45 900 cas.

Avec un remboursement moyen de 14 672 €, ce qui donne au total 0,67 milliard d'euros.

À rapporter aux 2,1 milliards d'euros des cotisations correspondantes si la taxe est de 20 %.

Meilleurs Agents dit : selon France Assureurs, le montant total des sinistres liés au climat a été de 6,5 milliards d'euros en France pour l'année 2023 ?!

Meilleurs Agents, 25 février 2025.

Ministères : 21 550 villes et villages français, soit deux tiers des communes, risquent des inondations par débordement de cours d'eau.

INRAE : les logements situés en zone inondable en Occitanie sont 10 % moins chers et 21 % moins chers dans la zone « Var Alpes-Maritimes ».

Géosites : les régions les plus touchées en France par le risque d'inondation sont l'Île-de-France, l'Auvergne-Rhône-Alpes, les Hauts-de-France, Provence-Alpes-Côte d'Azur et le Grand Est.

Cerema : environ un millier de bâtiments pourrait être touché par le recul du **trait de côte** d'ici 2028.

Pire, pas moins de 450 000 logements pourraient disparaître d'ici 2100 (PNACC).

Le recul du trait de côte doit dorénavant être mentionné dans les annonces des agents immobiliers.

Le phénomène de **retrait-gonflement des argiles** (RGA).

10 millions de maisons sont aujourd'hui concernées en France par ce phénomène.

France Assureurs recense en moyenne près de 30 000 sinistres par an.

Depuis 2020, une étude géotechnique est désormais exigée en cas de vente de terrain à bâtir dans une zone argileuse à risque, afin d'adapter la construction et les fondations au sous-sol.

À droite, **AON**, le plus grand courtier mondial de réassurance.

Domination des "**earthquakes**", pertes économiques très grandes par rapport primes d'assurance.

En bas, **pas d'évolution nette** "death" ni "insured loss".

Slide 54.

Katrin Millock, directrice de recherche CNRS à Paris School of Economics et professeure chargée de cours à l'École polytechnique (IP Paris), Polytechnique Insights, janvier 2025.

Il est difficile d'isoler l'impact du changement climatique des autres facteurs de migration.

Or c'est un processus à long terme, au cours duquel les autres facteurs évoluent aussi.

Pour pallier cette difficulté, la plupart des études s'intéressent aux événements météorologiques extrêmes, des processus quasi instantanés.

Les données socio-économiques couvrent souvent des périodes plus courtes que 30 ans.

On ne dispose même pas de données de référence antérieures au changement climatique.

Seules deux études fournissent des résultats robustes.

Dans Science, deux auteurs s'appuient sur les **demandes d'asile dans l'Union européenne** pour évaluer les retombées de la hausse des températures dans les pays du Sud. Ils observent qu'entre 2000 et 2014, les demandes d'asile augmentent lorsque les températures s'éloignent d'un optimum d'environ 20 °C, la température optimale pour l'agriculture. Un réchauffement de 1° C dans les pays d'origine augmenterait les demandes de 6 %. Ils estiment ainsi que les demandes pourraient augmenter de 28 %, soit environ 100 000 demandes supplémentaires par an, d'ici 2100 pour un scénario d'émissions de GES moyen (RCP 4.5).

Dans le Journal of the European Economic Association, en 2022, une autre équipe estime que, d'ici la fin du siècle, entre 45 et 97 millions de personnes en âge de travailler (selon les scénarios futurs d'émissions de GES) quitteraient leur pays du fait du réchauffement climatique, dont seul un cinquième émigrerait vers un pays de l'OCDE, car les **déplacements climatiques**, comme les autres, s'effectuent principalement sur de courtes distances et dans le même pays. Même si les projections sont chiffrées, il faut considérer ces résultats comme des ordres de grandeur au regard des incertitudes.

Certaines régions ou populations sont-elles plus vulnérables que d'autres ?

Slide 55.

Il conviendrait de focaliser la recherche scientifique sur la cryosphère (antarctique) et sur les précipitations (vapeur d'eau).

La forêt, elle, nécessite un approfondissement des aspects qualitatifs et des interactions avec la biodiversité.

Le trait de côte, les inondations, les vagues de chaleur et les dégâts matériels peuvent être combattus par une adaptation raisonnable.

Pour le moment, **tout le reste semble exagéré en termes de danger** : glaciers, niveau de la mer, îles, cyclones, tempêtes, céréales, végétation, sécheresse, feux de forêt, morts et réfugiés climatiques.

Enfin, en prenant de la hauteur de vue, il n'y a pas le feu au lac, d'autant plus que **les toutes dernières années ne sont pas clairement expliquées et plusieurs hypothèses sont formulées** : désulfuration de la marine marchande, éruption volcanique du Hunga Tonga en 2022, force du phénomène océanographique cyclique pseudo-périodique El Niño en 2023, cycle solaire 25 parti fin 2019 qui atteindra son maximum en juillet 2025.

Soit la doxa passe à côté d'une rétroaction importante qu'elle n'a pas vue.

Pour les plus courageux, voir les conférences au Collège de France précitées, ou voir le podcast de Valérie Masson-Delmotte sur Metabolism of cities
<https://www.youtube.com/watch?v=KyFyas19bsQ>

Soit les climato-réalistes ont raison et la variabilité naturelle domine l'activité humaine.

En particulier l'albedo et la couverture nuageuse à basse altitude, voire l'océan, mais à des profondeurs intermédiaires, joueraient un rôle majeur.

Pour les plus courageux, lire l'éditorial de Nature Geoscience "Temperature rising" du 12 mars 2025 <https://doi.org/10.1038/s41561-025-01663-x>,

FIN