



Les enjeux climatiques en assurance

「Dauphine 2023」

A propos de

Thibault
MONNET



Ma **formation**

Master 2 Data Science et Modélisation Statistique
Actuariat à l'IRM en reprise d'étude



Mon **métier** actuel

Actuaire et Géo-Data-Scientiste en risques naturels



Ce que **j'aime** dans mon métier

Histoire, sciences, ingénierie, modélisation et anglais
De la curiosité et de l'agilité



Plan de Cours

01

Les fondamentaux de l'assurance

Rappels et prérequis

02

Introduction aux données climatiques

Notions de base et données exploitables

03

Focus sur un aléa climatique

2023 : le risque inondation à Paris

04

Quels enjeux pour l'assurance de demain ?

Menaces ou opportunités

Introduction aux données climatiques

3 février 2023



SOMMAIRE

01

Les différents risques climatiques

Tempête, orages...

02

Les données historiques

Observations, ré-analyse, simulations...

03

Le changement climatique

Prenons le temps d'en parler

04

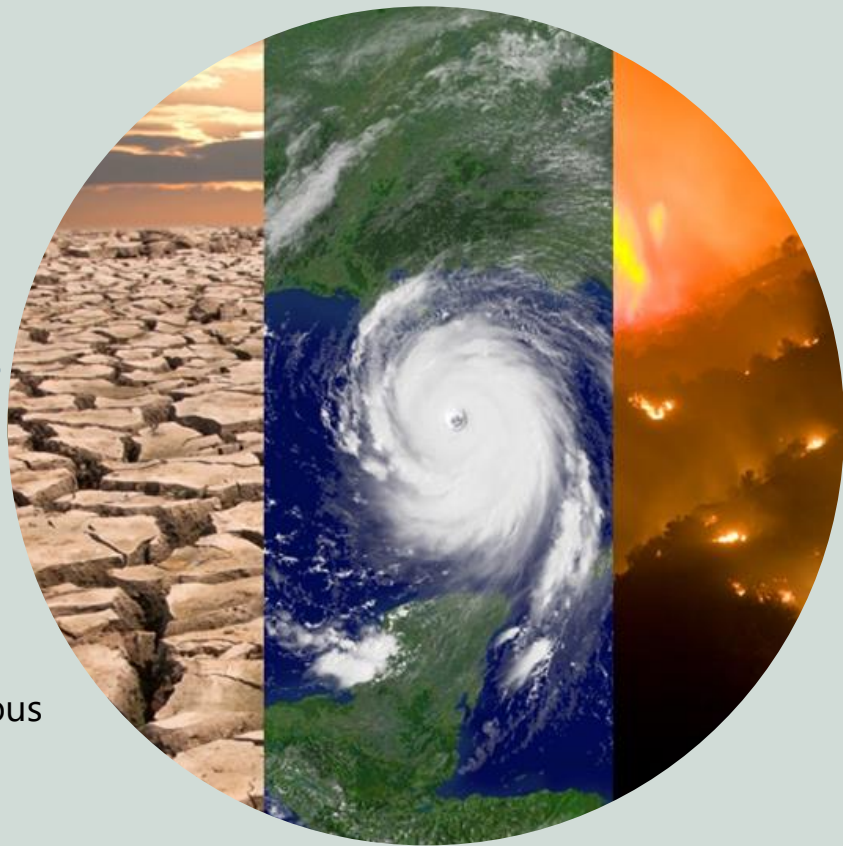
Les données futures

Fruits de la recherche et de la modélisation de pointe

01

Les différents risques climatiques

« Parfois on se trompe dans l'analyse d'un événement parce qu'on reste figé dans le seul point de vue qui nous semble évident. »



A chaque péril ses règles, ses sciences et ses data

La modélisation des enjeux en risque climatique pour l'assurance se fait par **évènement**
Chaque évènement peut être rapproché à une catégorie d'évènements

Il faut comprendre ces catégories pour identifier les données à rassembler pour créer un modèle



Tempête

Le vent : une mesure ponctuelle et instantanée



Tsunami / Submersion

Hauteur des vagues



Orage de Grêle intense & Tornado :

imagerie radar, impacts de foudre, taille des grêlons, trajectoire au sol

...



Inondation

par crue lente (débordement) ou par crue rapide (ruissellement et flash flood)
Hauteur d'eau, durée...








Cyclones

Ouragans ou Typhons
Vitesse des vents, précipitation, trajectoires, intensité

...

Tempête – Définition et choix de la vitesse de vent

Le vent moyen ou vitesse moyenne sur 10 minutes

Degrés	Termes descriptifs français	Termes descriptifs anglais	Symbole	Vitesse moyenne nœuds	Vitesse moyenne km/h	État des eaux	Éléments généraux de détermination de la vitesse
8	coup de vent	fresh gale		34 à 40 kt	62 à 74 km/h	lames déferlantes grosses à énormes, visibilité réduite par les embruns	Des petites branches se cassent.
9	fort coup de vent	stong gale		41 à 47 kt	75 à 88 km/h		Peut endommager légèrement les bâtiments.
10	tempête	storm		48 à 55 kt	89 à 102 km/h		Peut déraciner les arbres, endommager sérieusement les bâtiments.
11	violente tempête	violent storm		56 à 63 kt	103 à 117 km/h		Ravages étendus et importants.
12	Ouragan	hurricane		≥ 63 kt	≥ 117 km/h		Dégâts très importants de l'ordre de la catastrophe naturelle.

Echelle de Beaufort

La rafale

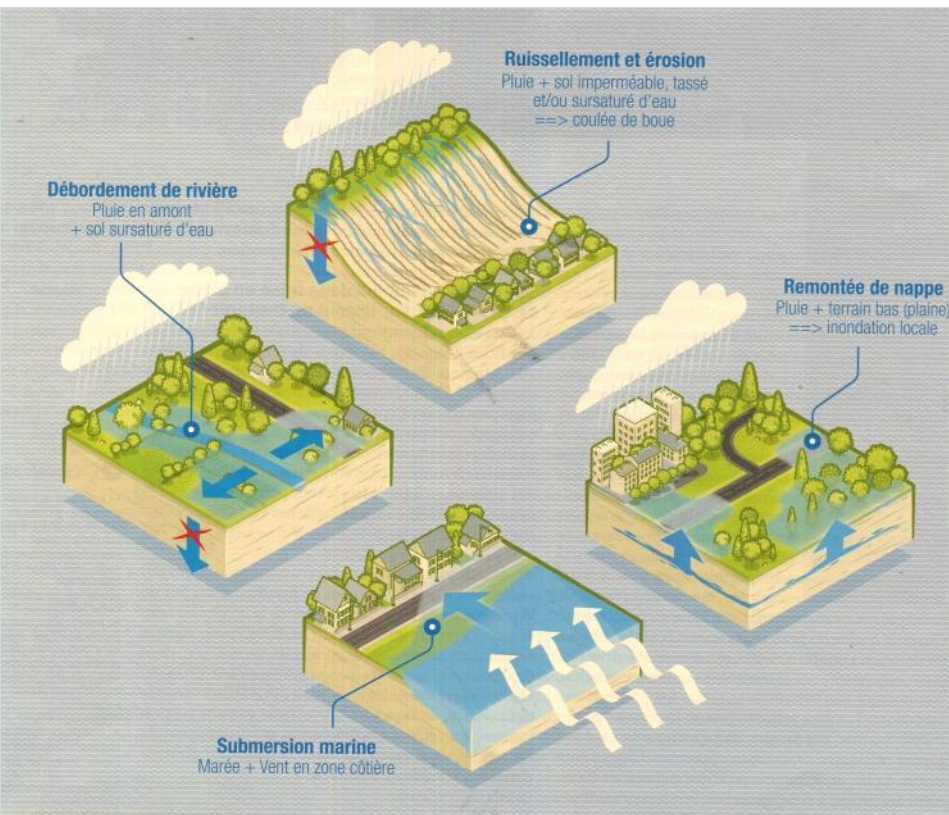


Une **rafales** est une vitesse de vent instantané dépassant celle du vent moyen de plus de **18 km/h**.

Si la différence de vitesse entre vent instantané et vent moyen est comprise entre 28 et 46 km/h, on parle de **fortes rafales**.

Il s'agit de **violentes rafales** au-delà de 46 km/h de différence.

Inondation : 1 risque et plusieurs aléas



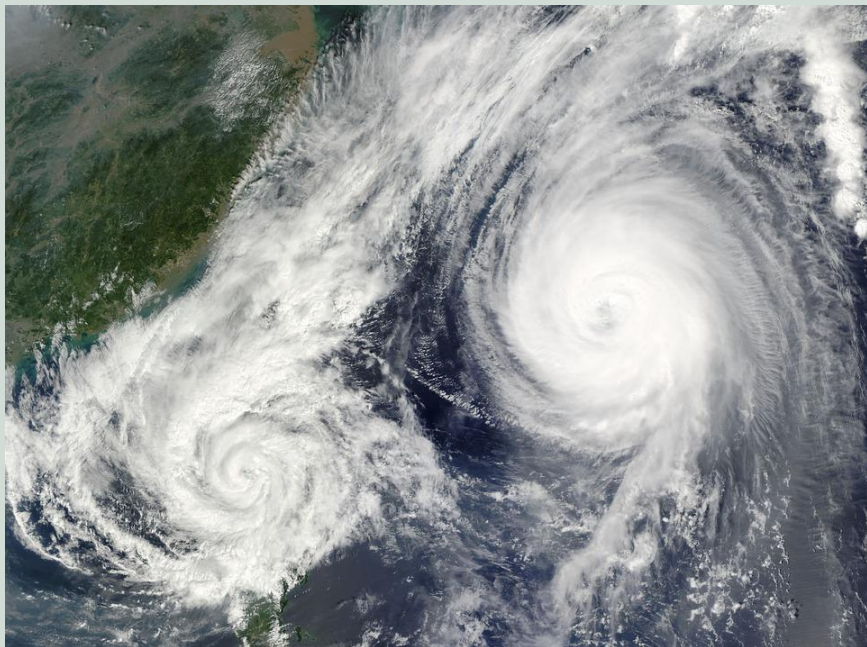
Focus : débordement

Appelés crue lente ou débordement, ces phénomènes ont généralement lieu au printemps lors des fontes nivales et se caractérisent par :

- une montée des eaux sur plusieurs jours/semaines
- touchant de grands bassins versants en zone de plaine
- suite à la répétitions d'épisodes pluvieux sur une période longue

Évènement de référence : crue de la Seine 1910

Cyclones, Ouragans et Typhons : 3 noms pour 1 même phénomène



Les cyclones

Ce sont des phénomènes apparaissant uniquement dans les zones tropicales et en pleine mer.

Force de la nature par excellence, ces événements génèrent notamment des vents violents. Ils se caractérisent par :

- La formation vortex (avec œil quand ils atteignent une certaine puissance)
- La génération de très fortes pluies
- Des vents moyens parfois extrêmes
- Lors de "l'atterrissage" ils peuvent engendrer de la submersion

02

Les données historiques

« Apprenez de la data et vous pourrez raconter des histoires que les gens ne connaissent pas encore, mais qu'ils sont impatients d'entendre. »



Les données d'observation - notions

Les phénomènes anciens (avant 1970)

Les événements extrêmes ont été la plupart du temps répertoriés et ce depuis très longtemps. Globalement, les normes de mesure ont peu évolué, toutefois la qualité des appareils de mesure elle...

Parfois, on peut trouver des données insolites et pourtant très anciennes.

Les phénomènes modernes (depuis 1970 environ)

Sur les événements plus récents, notamment depuis l'exploitation de données satellites, nous disposons en général de plus d'information. Toutefois les données de mesure observées restent ponctuelles et ne couvrent pas l'intégralité du territoire

A noter : l'accès aux données historiques n'est pas toujours simple, ni complet, le réseau de mesure s'étoffant progressivement et sa mise à disposition « open source » n'étant pas toujours immédiat, la plupart des données est payante !

Les données d'observation – fournisseurs (en France)

Météo France

En France, c'est l'un des premiers fournisseurs de ces données, bien souvent payantes

Météo Ciel

Ce site internet achète des données à Météo France et les partage gratuitement à tous, ainsi que d'autres données. On trouvera sur ce site des notamment données pour le [vent](#) et les [précipitations](#) (avant toute utilisation je vous invite à consulter les mentions légales)

NB : ce sont des mesures à une station (que l'on peut géolocaliser), toutefois pour obtenir une donnée en tout point de la France, ce n'est pas immédiat...

Keraunos

Vous trouverez peu de données ouvertes, ces experts des orages (grêle, tornade...) sont orientés sur un modèle « privé » de vente de leurs données, notamment les chutes de grêle et la taille des grêlons, leurs études et analyses étant publiques

...

Les données de ré-analyse

De quoi parle-t-on ?

Il s'agit de données consolidées de diverses sources (observation, modélisation), elles sont spatialisées et selon les émetteurs elles ont une temporalité (horaire par exemple).

Les données "simples"

Sont classées ici des données issues d'études, elles sont consultables dans des formats exploitables (ou non)

<http://tempetes.meteofrance.fr/> : référence les vitesses de vent d'évènements historiques

<http://pluiesextremes.meteo.fr/> : référence les précipitations d'évènements historiques

https://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data_Storm.html : référence les ouragans

...

Les données "experts"

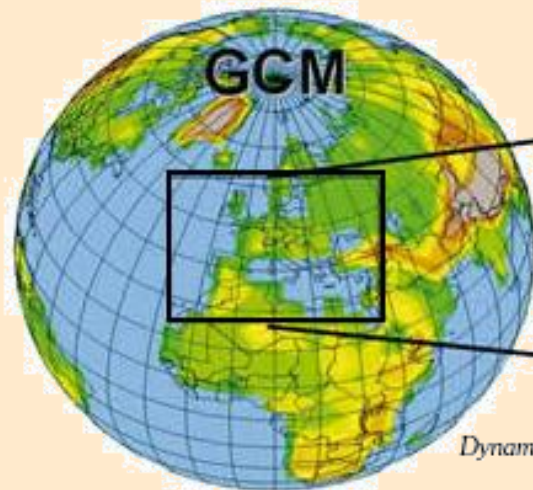
Les organisations européenne et américaine de météorologie propose des données de détail de ré-analyse du passé, à des mailles fines

Données de réanalyse fine : c'est quoi ?

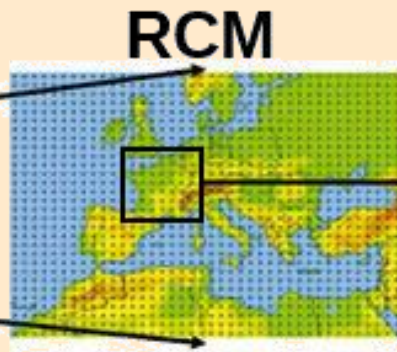
Modèle de circulation Générale de l'Atmosphère ou Réanalyse

Modèle Régional de Climat

Correction des Biais

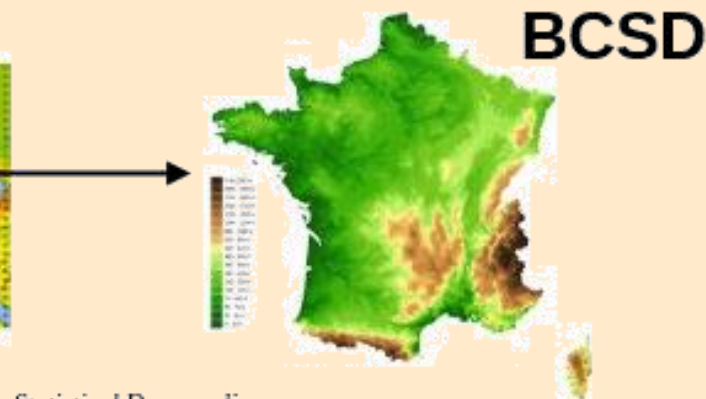


Échelle large :
100km - 300km



Dynamical Downscaling

Echelle fine : 50km
à 10km



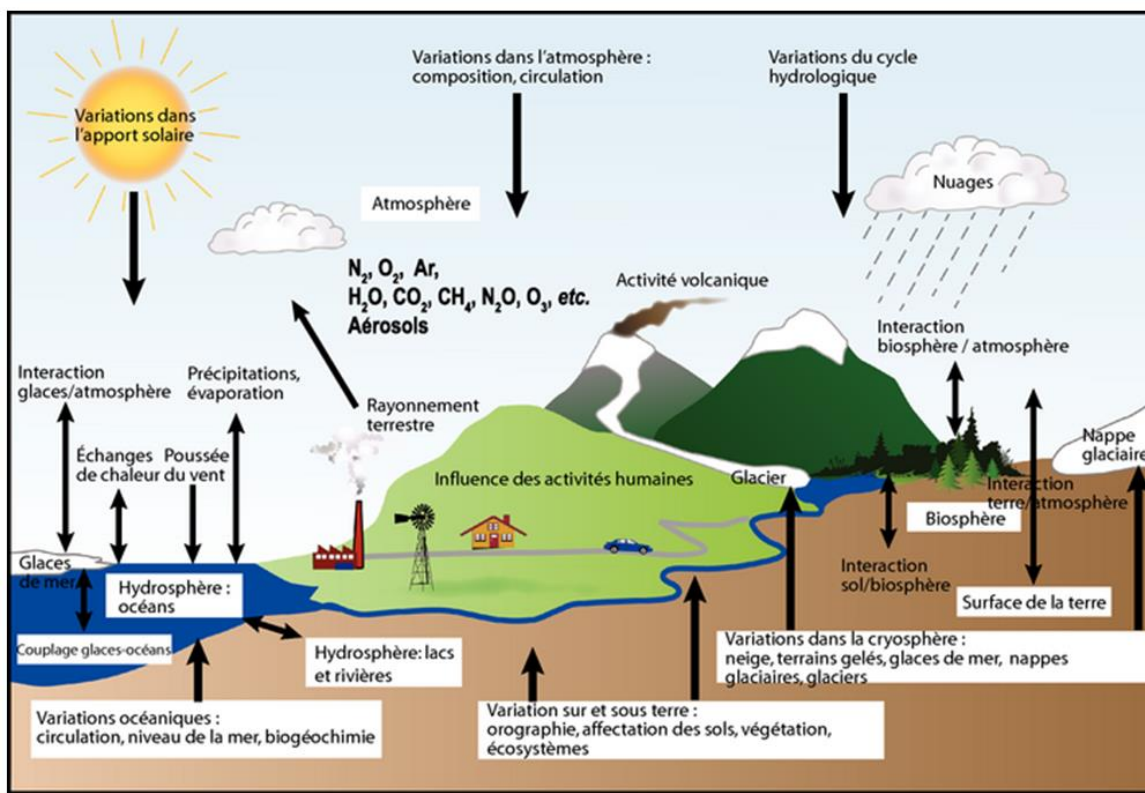
Statistical Downscaling

Echelle fine : 12km
à 500m

Sources : DRIAS

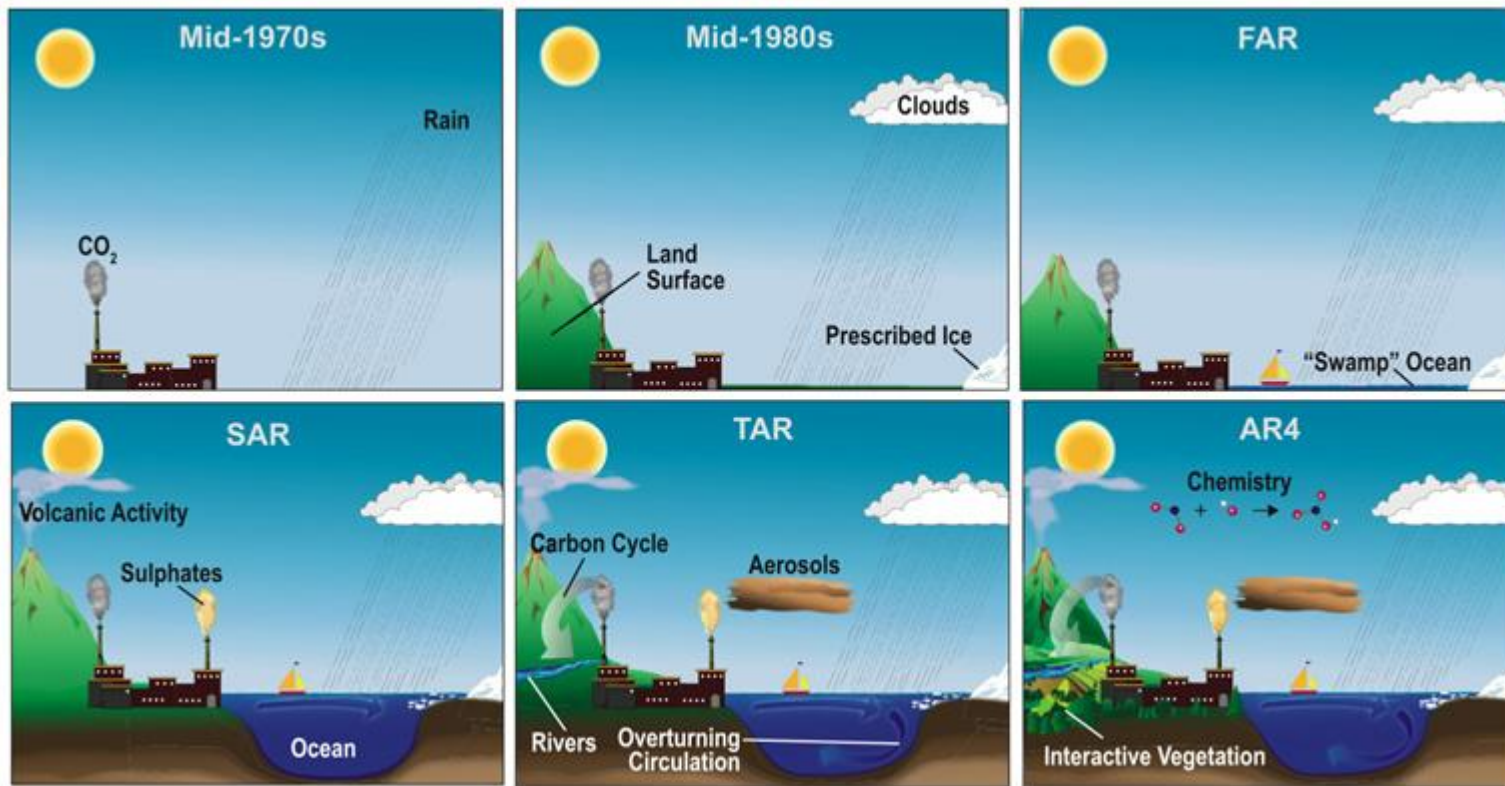
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

Exemples de données dans un modèle de climat



Les modèles climatiques sont définis par le GIEC comme “**des programmes informatiques extrêmement sophistiqués qui englobent notre compréhension du système climatique et simulent, avec autant de fidélité que possible, les interactions complexes entre l’atmosphère, l’océan, la surface terrestre, la neige et la glace, l’écosystème mondial et divers processus chimiques et biologiques**”.

Illustration : évolution des prévisions des modèles climatiques



GIEC 2007 (AR4 – Fig 1,2)

<https://bonpote.com/les-modeles-climatiques-sont-ils-fiables/>

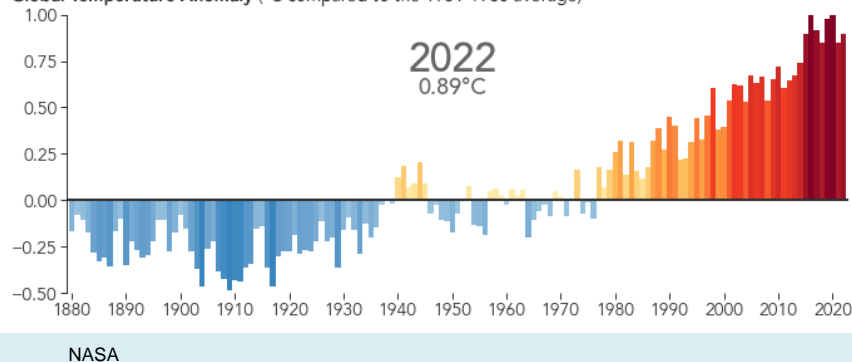
Le changement climatique

Quelques bases - Un réchauffement Global

Un constat réalisé depuis l'aire préindustrielle et pour lequel les différents organismes mondiaux sont en phase

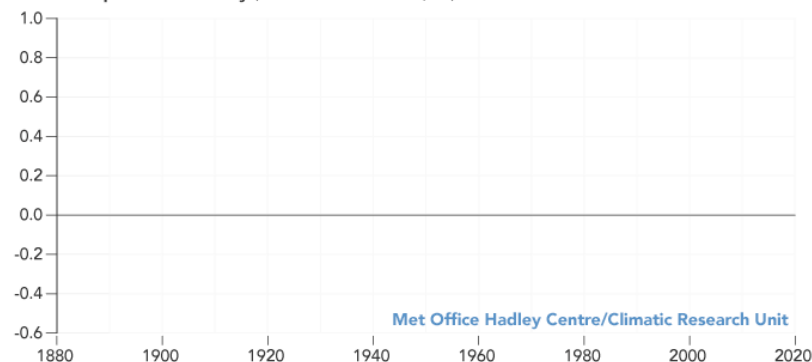
Last 9 Years Warmest on Record

Global Temperature Anomaly (°C compared to the 1951-1980 average)



A World of Agreement: Temperatures are Rising

Global Temperature Anomaly (relative to 1951-1980, °C)



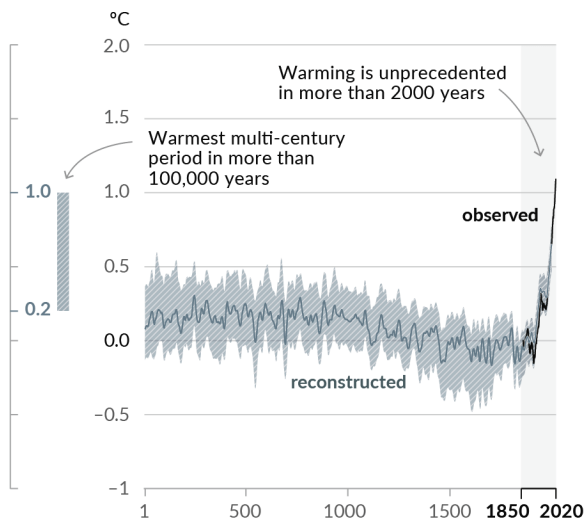
Le GIEC (Groupe International d'Experts sur l'évolution du Climat) ou IPCC attribue ce réchauffement à l'activité humaine.

Quelques bases - Un réchauffement lié à l'activité humaine

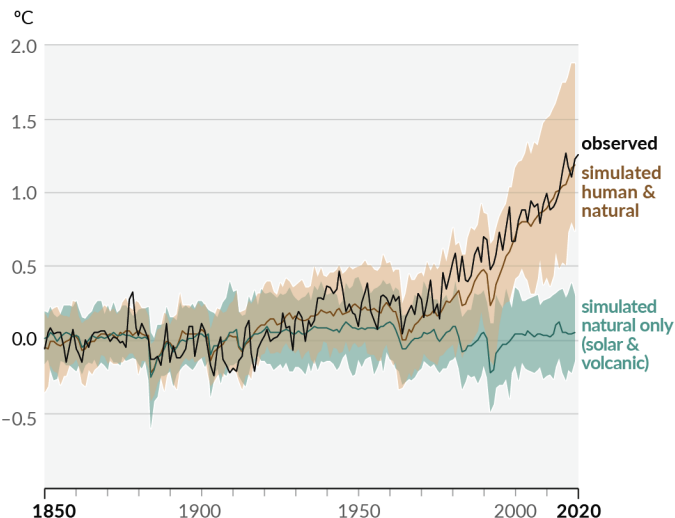
Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1–2000) and **observed** (1850–2020)



(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)



Quelques bases – les gaz à effet de serre

Unité

La tonne équivalent CO_2

Les gaz

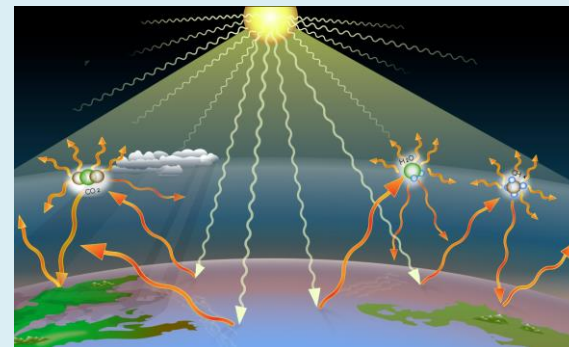
La vapeur d'eau

Le dioxyde de carbone CO_2

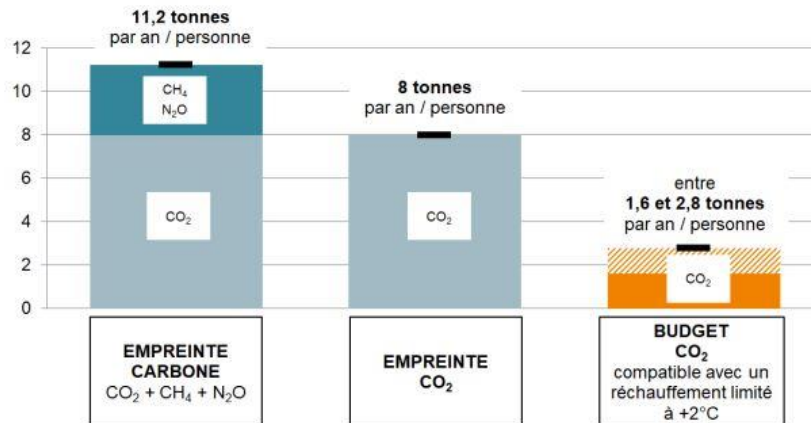
Le Méthane CH_4 avec un potentiel 34 fois supérieur au CO_2

Le Protoxyde d'azote N_2O

...



Compatibilité de l'empreinte carbone avec un réchauffement climatique limité à $+2^\circ\text{C}$



Quelques bases – 3 tonnes équivalent CO²



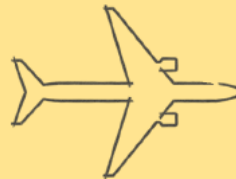
52 m² / an
chauffés au fioul



193 m² / an
chauffés à l'électricité



695 m² / an
chauffés au bois



10 000 km
en avion



12 000 km
en voiture



18 000 km
en bus



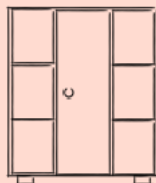
7 m² de construction
d'une maison



7500 €
de produits électroniques



5000 €
de vêtements



5000 €
de meubles



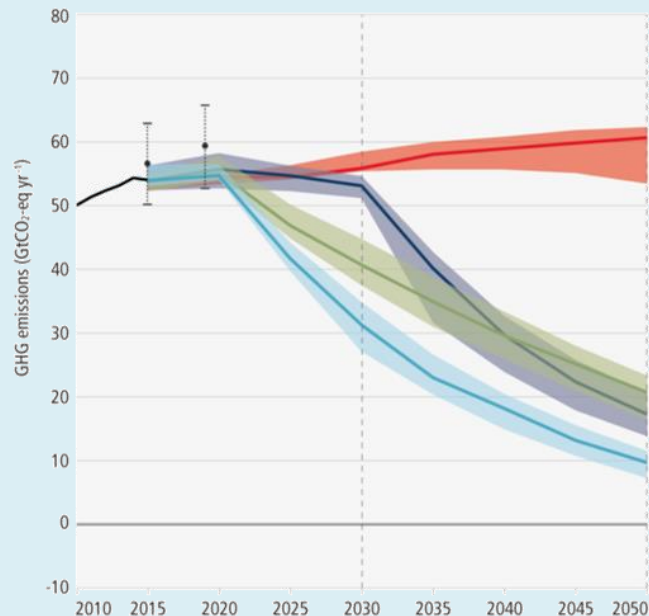
480 repas
avec du bœuf



5800 repas
végétarien

Quelques bases – les trajectoires simulées

a. Global GHG emissions

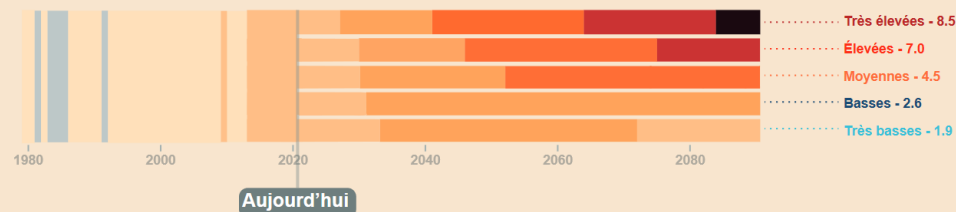
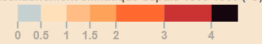


Effet sur la température de surface

Pour que la température globale se stabilise, les émissions nettes de CO2 doivent atteindre zéro.

Réchauffement projeté pour chacun des scénarios

Réchauffement climatique depuis 1850-1900 (°C)



À court terme : importance de la variabilité naturelle

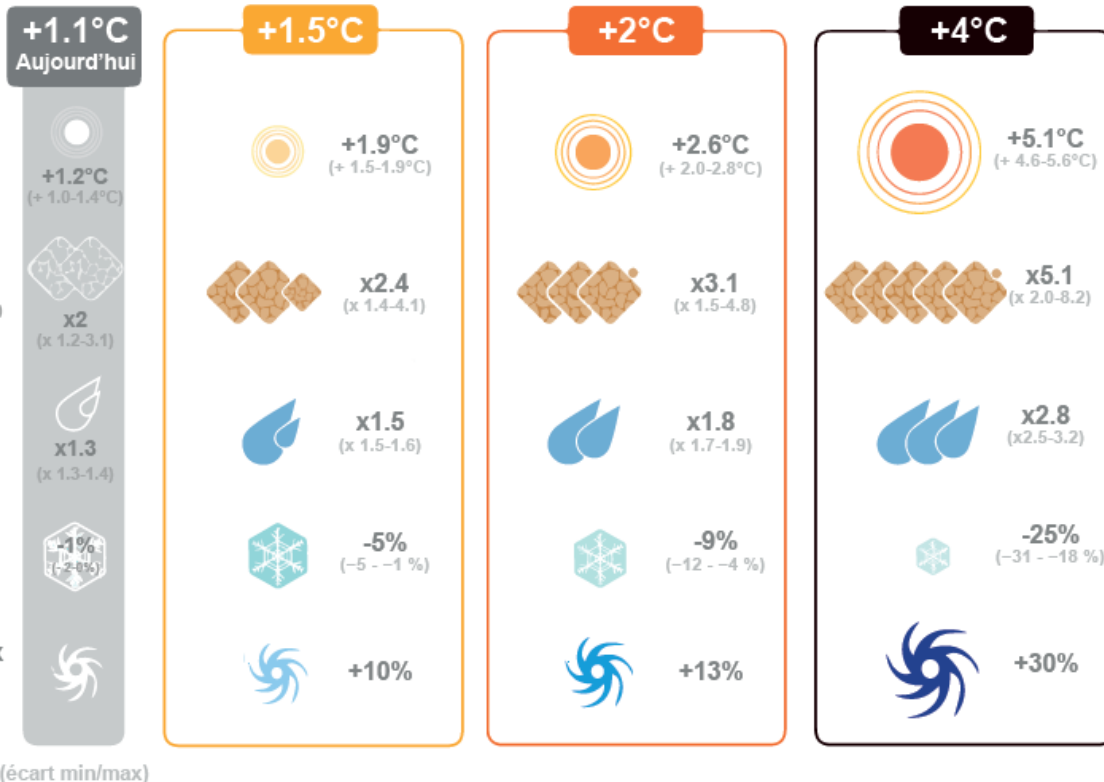
Sur le court terme (de l'ordre de la décennie), les fluctuations (ou variabilité) naturelles du climat peuvent temporairement amortir ou accentuer le réchauffement climatique résultant de nos émissions, en particulier à l'échelle d'une région.

Modelled pathways:

- Trend from implemented policies
- Limit warming to 2°C (>67%) or return warming to 1.5°C (>50%) after a high overshoot, NDCs until 2030
- Limit warming to 2°C (>67%)
- Limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot

Past GHG emissions and uncertainty for 2015 and 2019 (dot indicates the median)

Quelques bases – les impacts probables



04

Les données futures

« La science est infaillible, mais les savants se trompent toujours »



Le futur immédiat et le futur long

Le futur immédiat

Ou la météorologie, il s'agit des prévisions à court terme, très probables, on parlera de modèles météorologiques.

En général un modèle météo prévoit entre +48h à +240h, la fiabilité décroissant fortement à compte de 120h (5 jours) et il est mis à jour 2 à 4 fois, on parle de « run ».

Au-delà de cette période temporelle, les modèles ayant plusieurs scénarios de forçage, ils vont prévoir des anomalies probables, rien d'exploitable en assurance.

Le futur lointain

Ce sont les mêmes calculateurs qui vont tourner en intégrant des paramètres de forçage, sauf qu'il n'essaie pas d'ajuster d'une itération à l'autre et il vont calculer une météo heure par heure, jour après jour, jusqu'en 2100.

Ainsi le 3 février 2023 disponible dans ces modèles ne sera jamais comparable à la météo d'aujourd'hui...

CMIP - Coupled Model Intercomparison Project (Phase 6)

Le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC).et son groupe de travail sur la modélisation couplée (WGCM) gère le CMIP :

- Depuis 1995, le CMIP coordonne les expériences de modélisation du climat auxquelles participent de multiples équipes internationales de modélisation du monde entier.
- L'objectif central du CMIP est de faire progresser la compréhension scientifique du système terrestre.
- Le CMIP a permis de mieux comprendre les changements et la variabilité climatiques passés, présents et futurs dans un cadre multi-modèle et de la variabilité du climat passé, présent et futur dans un cadre multi-modèles.
- Le CMIP définit des protocoles d'expérience, des forçages et des résultats communs.
- Les simulations du modèle CMIP ont également été régulièrement évaluées dans le cadre des rapports d'évaluation du climat du GIEC et de diverses évaluations nationales.
- Le CMIP s'est développé par phases, les simulations de la sixième phase, CMIP6 sont maintenant terminées.

<https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/projects/cmip6-ipsl/>

Les études menées par les scientifiques

Toute étude de modélisation climatique commence par un état de l'art

Il existe énormément de publications scientifiques (en anglais) qui traite des sujets liés aux changement climatique et à ses impacts en terme d'aléa / de type d'évènement.

La plupart du temps les chercheurs mettent à disposition les résultats de leurs études et les données ainsi produites. Cependant, lorsque l'on s'intéresse à des phénomènes précis, il arrive que l'intégralité du territoire ne soit pas couvert...

Generation of a global synthetic tropical cyclone hazard dataset using STORM

Petit plus : un évènement extrême est-il lié au Changement Climatique ?

Des scientifiques travaillent régulièrement à démontrer si tel ou tel évènement extrême sort de la variabilité naturelle du climat et s'il peut être partiellement ou totalement rattaché à l'activité humaine



world weather attribution

Travaux Pratiques



Ouragans

Période de retour selon l'intensité

Dénombrer les ouragans "récents" ayant menacés les Antilles françaises

