

Impacts du réchauffement climatique et de la montée du niveau de la mer

Une introduction « climat » pour les enquêtes publiques

13 Novembre 2018, Pontivy

Laurent Labeyrie

Professeur honoraire à l'Institut Universitaire de France

Professeur invité à l'UBS Vannes

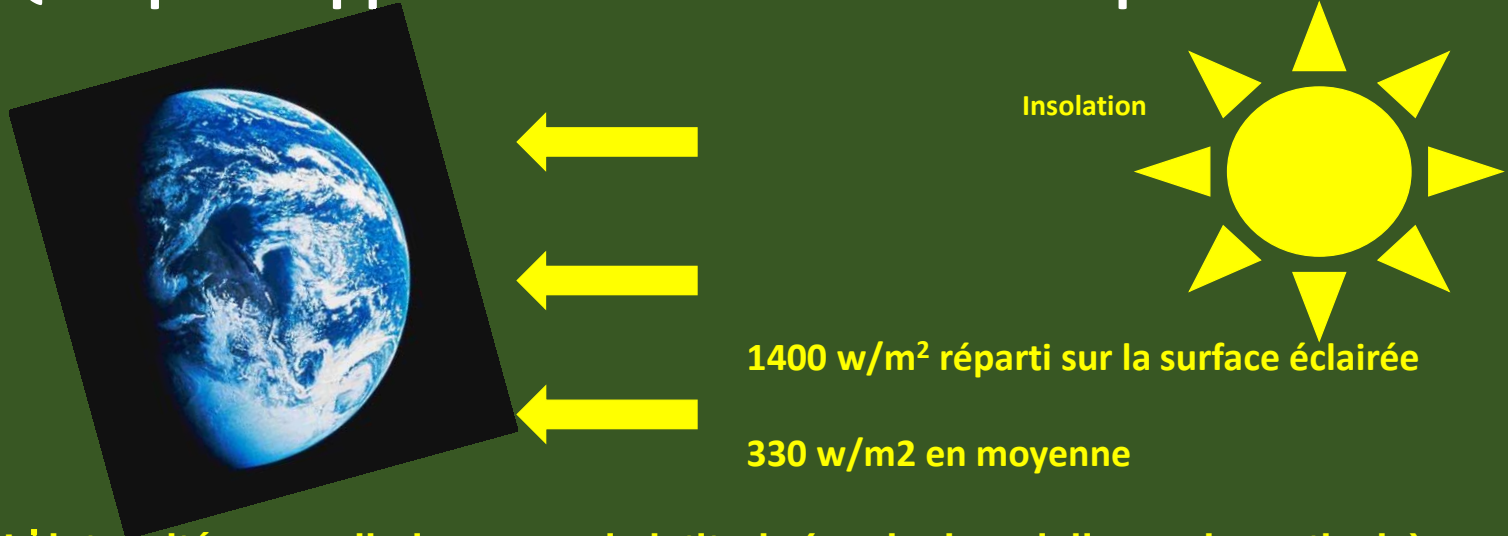
Membre du Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat
(GIEC) 2004-2008

ldlabeyrie@gmail.com



*ENSEMBLE,
RELEVONS LE DÉFI !*

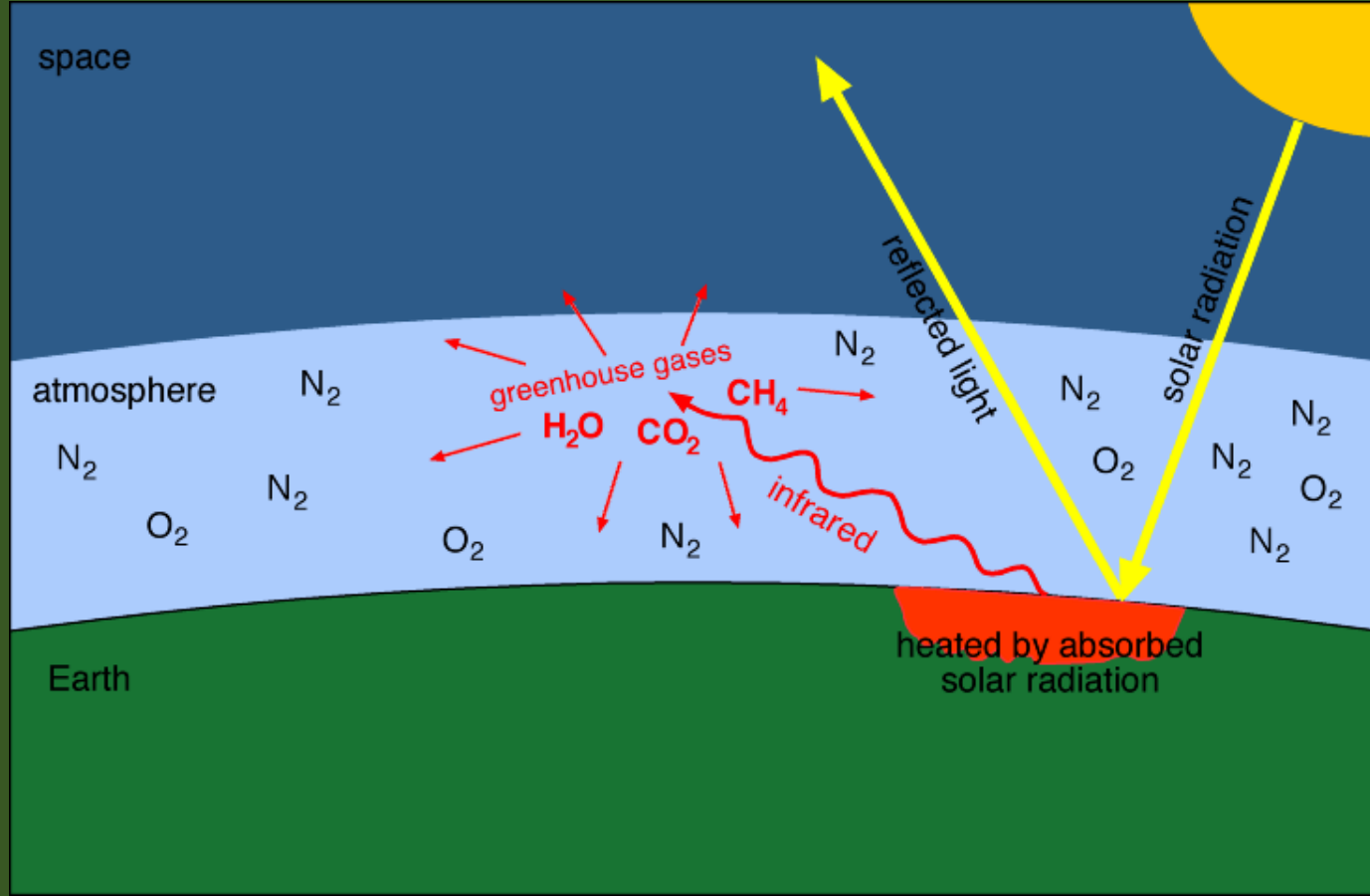
Quelques rappels sur la machine climatique



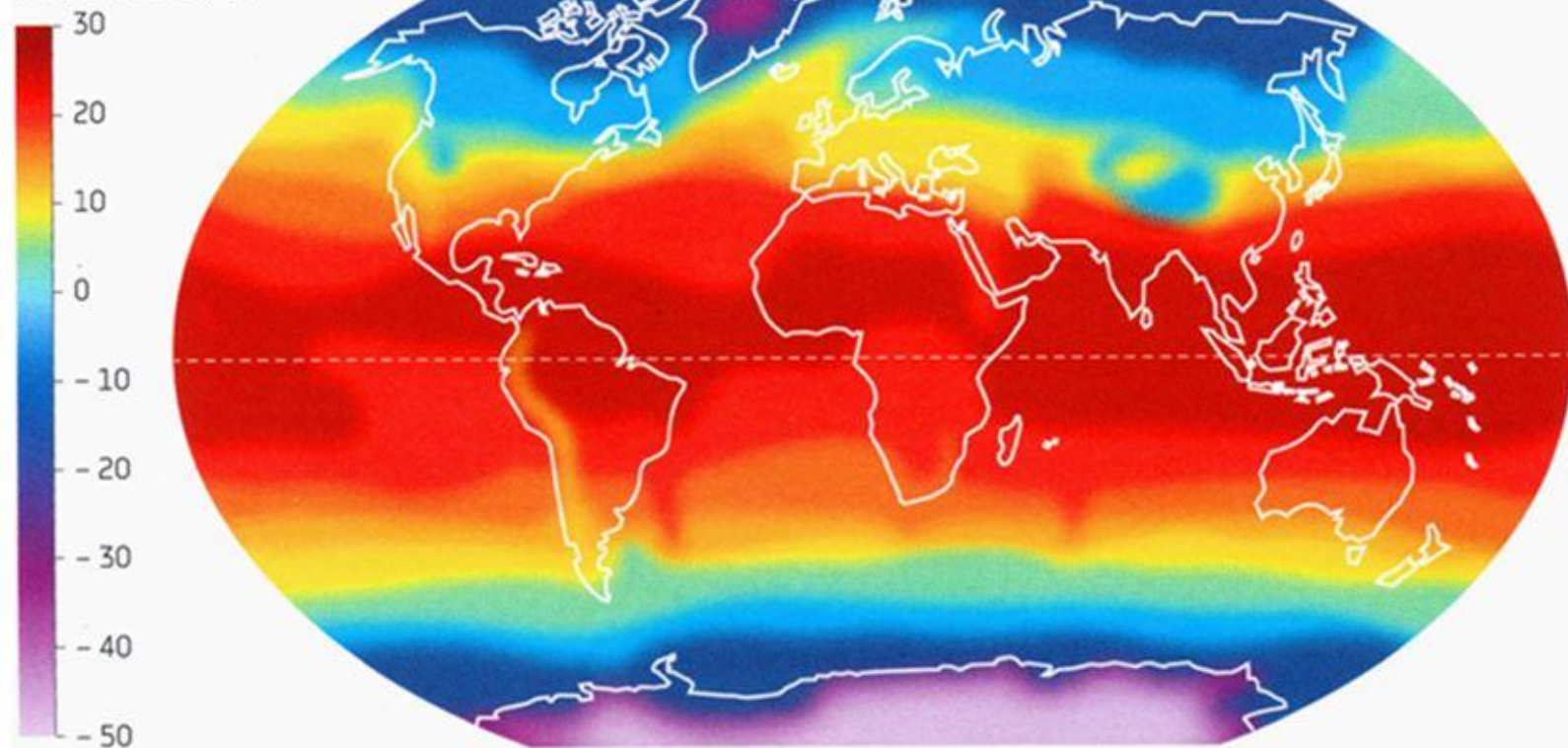
1- L'intensité reçue diminue avec la latitude (angle du soleil avec la verticale)

2- l'énergie rayonnée est transformée en chaleur au contact de la matière

(« rayonnement du corps noir » sous forme d'infrarouge IR)

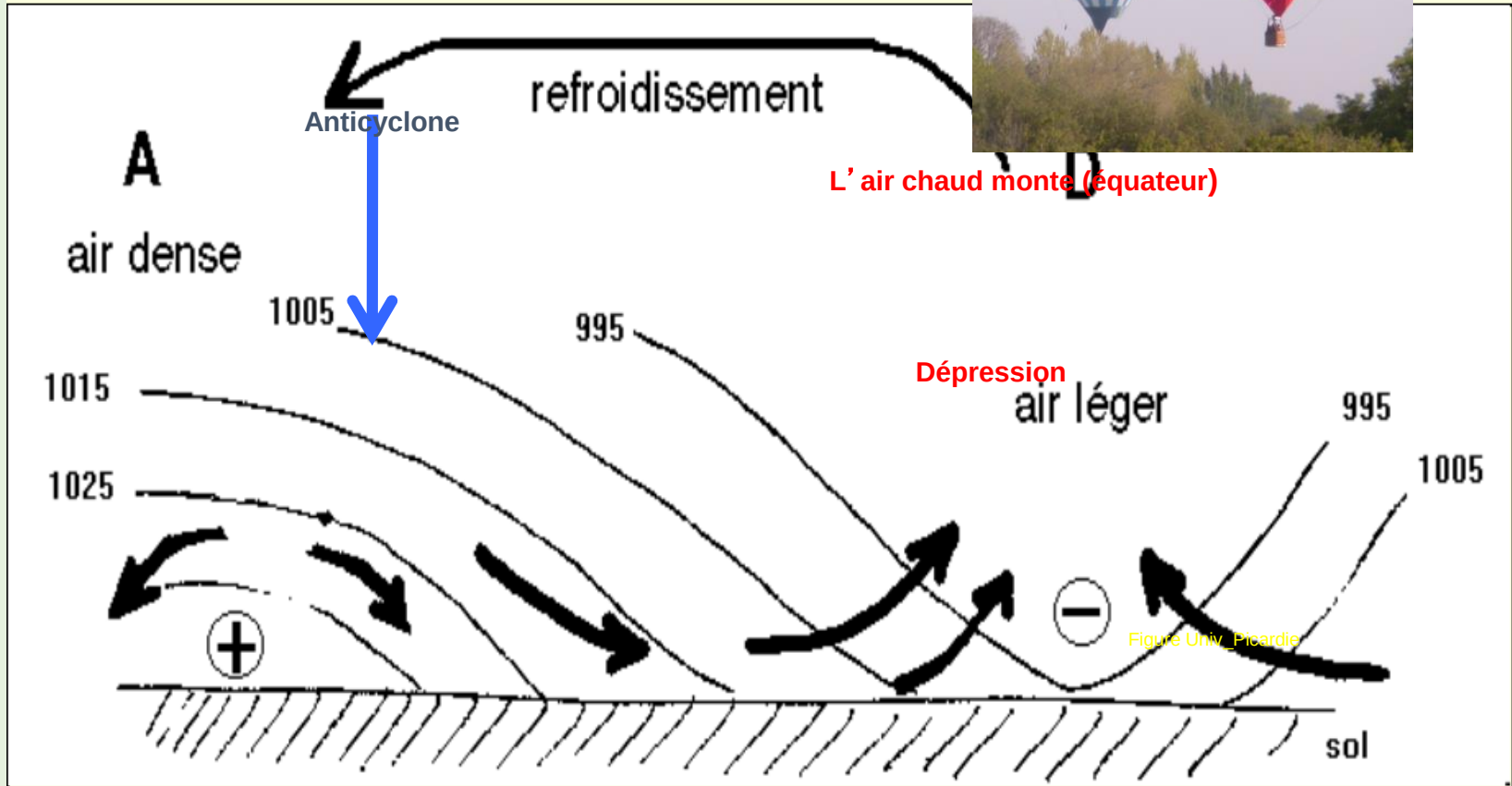


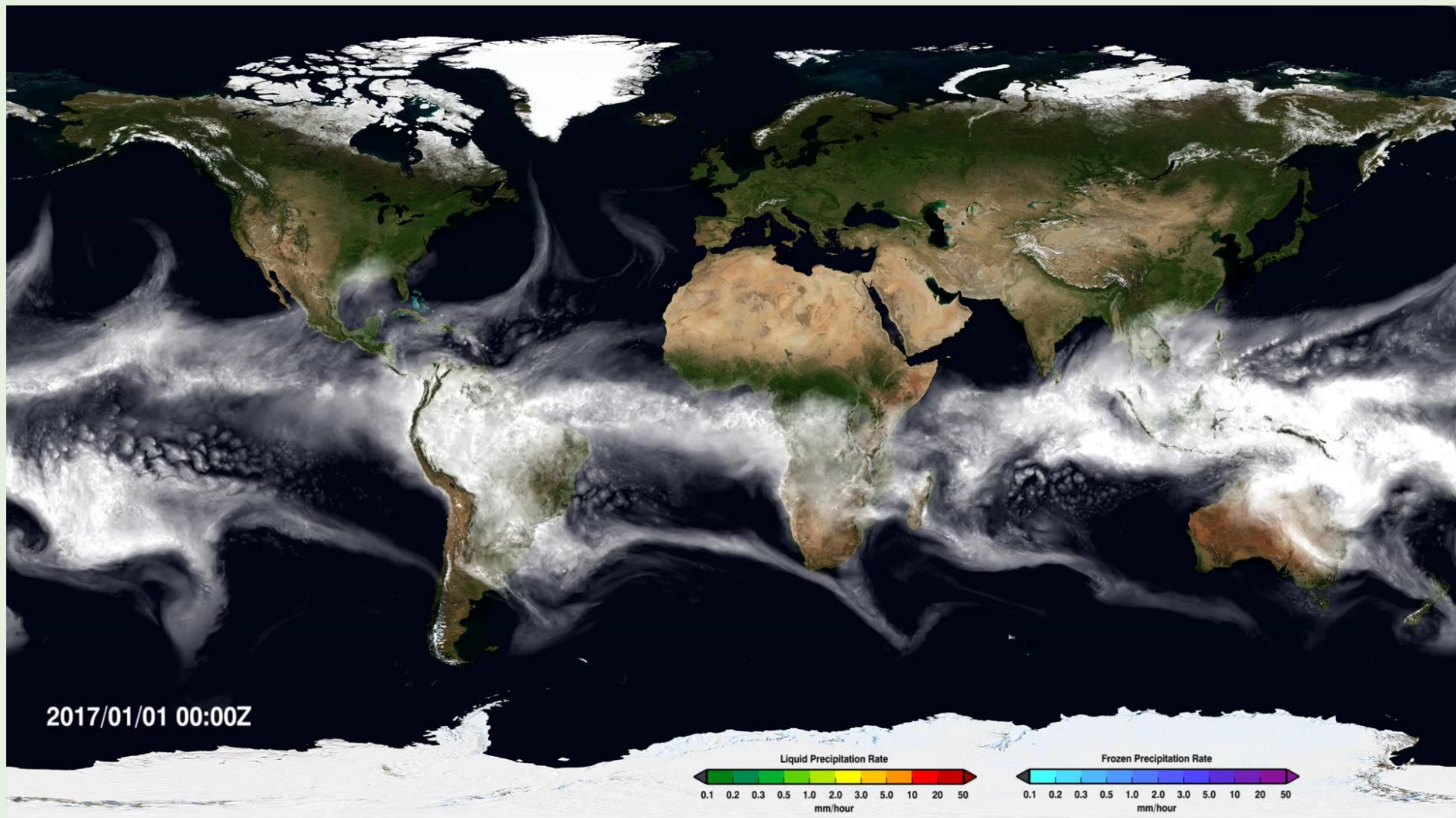
Température (°C)



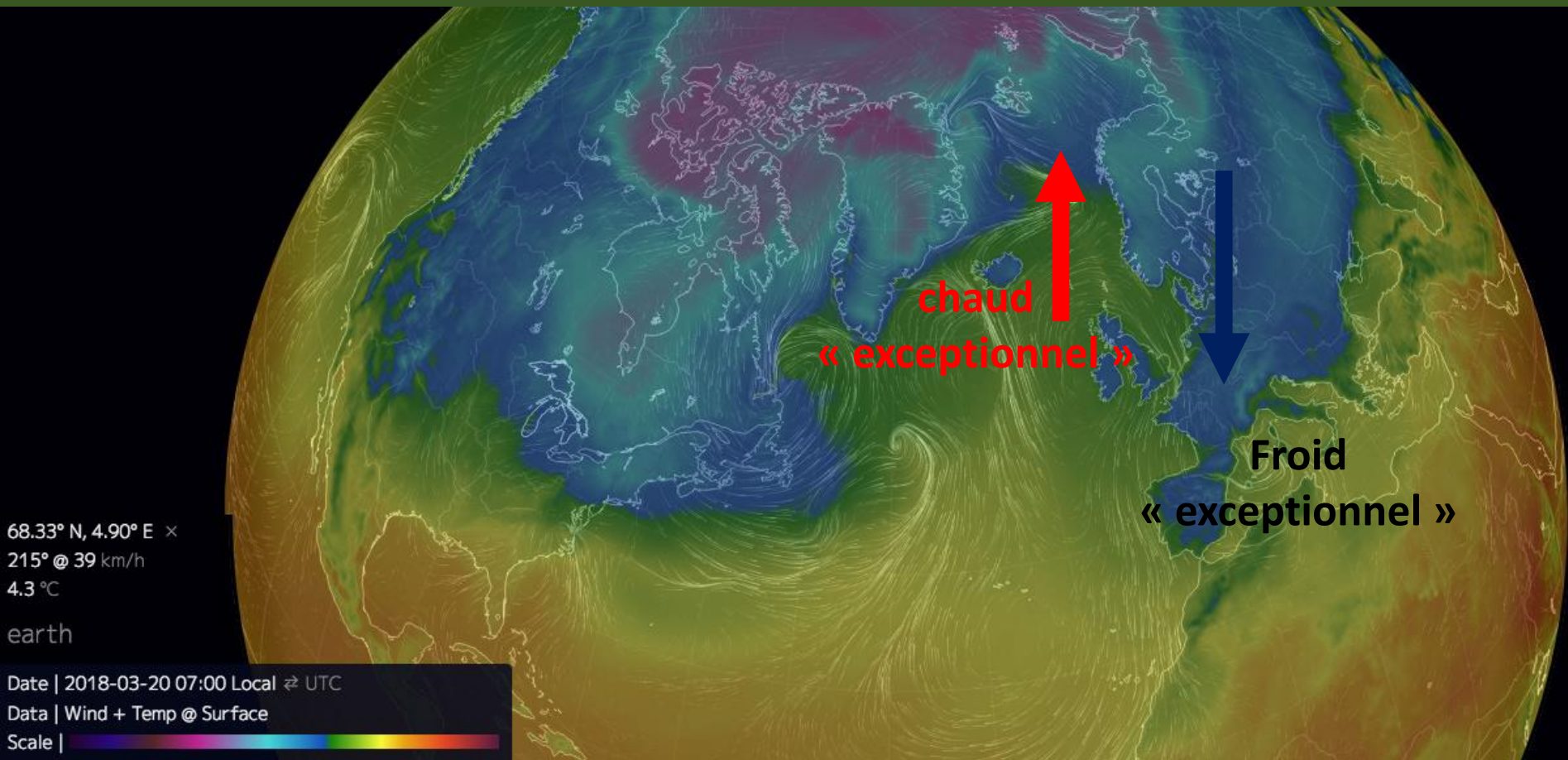
Carte des températures moyennes de l'air en surface de la Terre.

coupe verticale de l'atmosphère

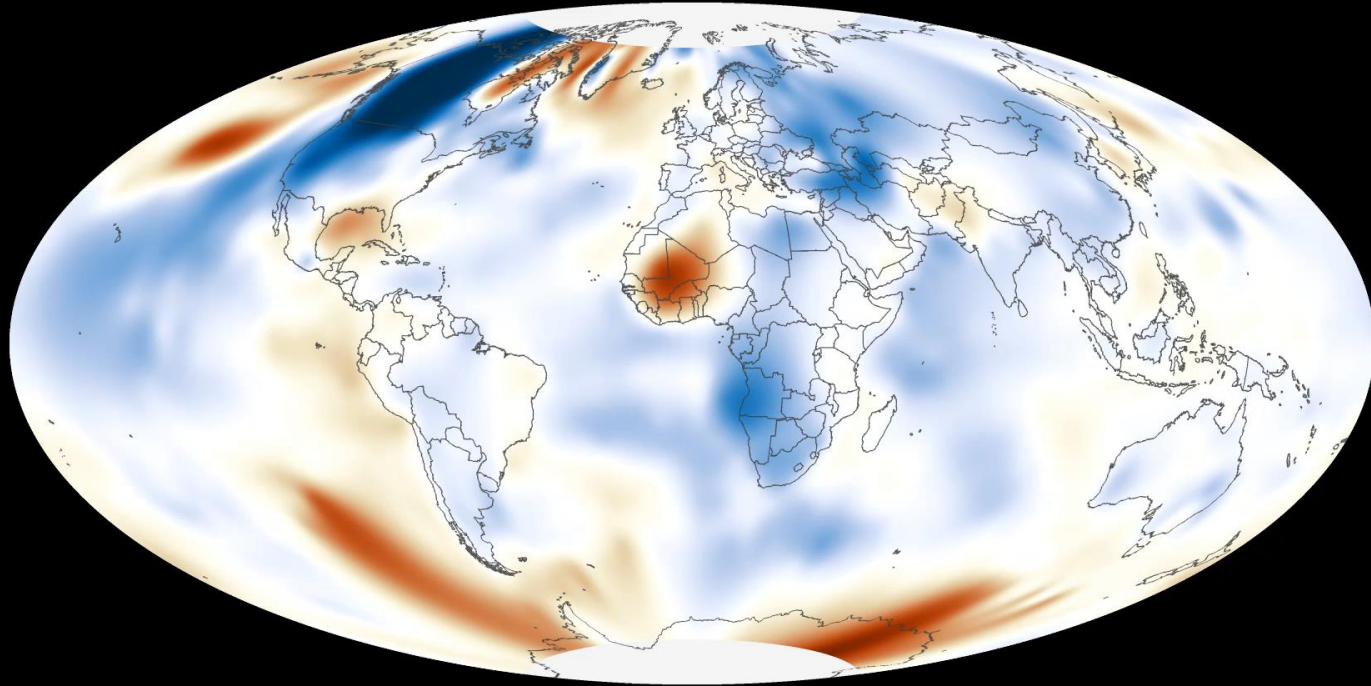




La variabilité « météo »: 3 Mars 2018



La variabilité interannuelle: Le réchauffement depuis 1880



1880

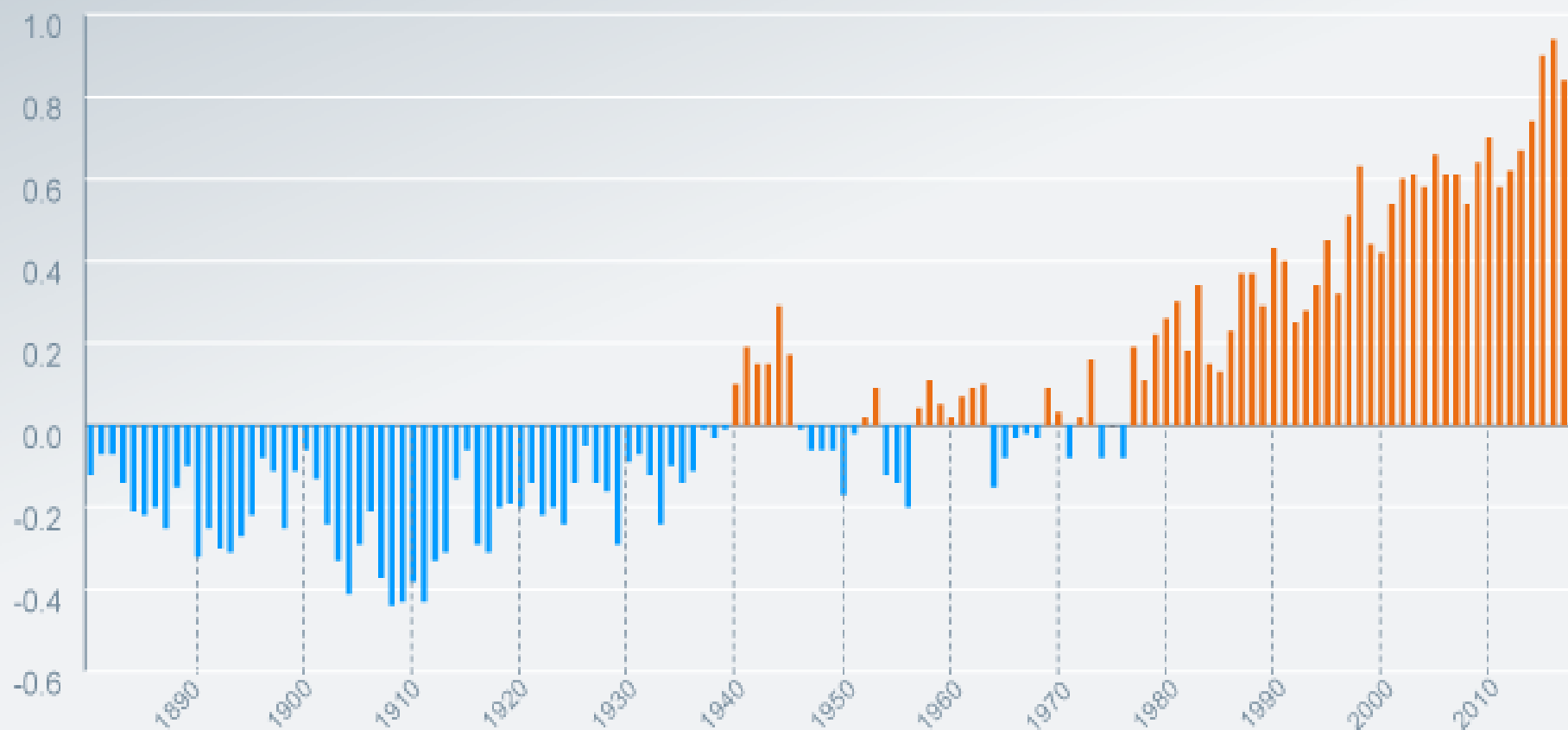
NOAA

compared to the 20th Century average

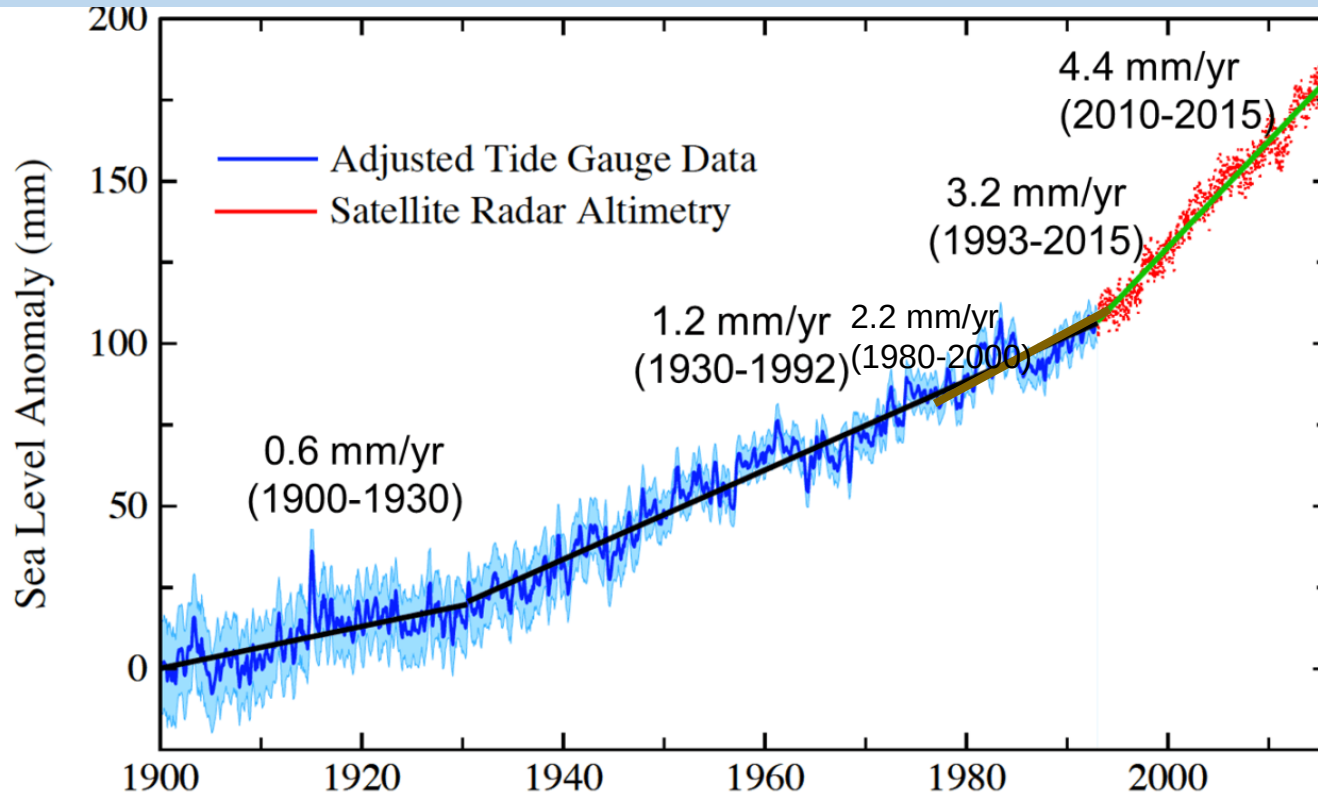
-3 0 3°C

Global land and ocean temperature anomalies, 1880 to 2017

Degrees Celsius, based on average temperature for the 20th century



Le niveau moyen du niveau de la mer monte (accélération progressive)



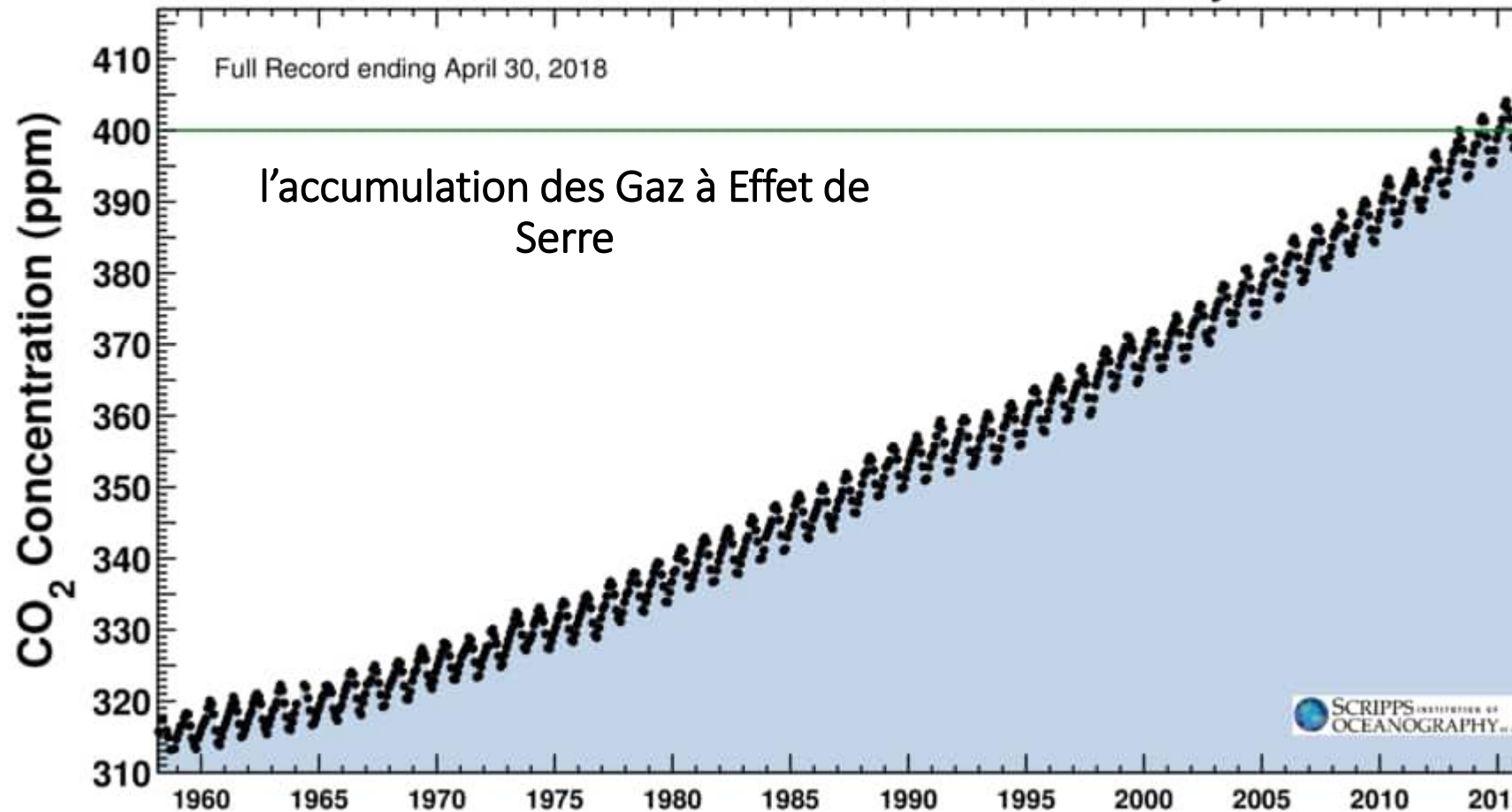
L'ENSEMBLE DES CHERCHEURS SPÉCIALISTES DU CLIMAT (RÉUNIS Par le Groupe International des Experts sur le Climat, GIEC) SONT UNANIMES POUR RECONNAITRE QUE CES CHANGEMENTS SONT UNE DES CONSEQUENCES DIRECTES DE NOTRE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE, EN PARTICULIER PAR LA CROISSANCE DES GAZ « A EFFET DE SERRE » (CO₂, METHANE..)

C'est pour son analyse des conséquences physiques, environnementales, sociales et économiques que le prix Nobel a été attribué au GIEC en 2007

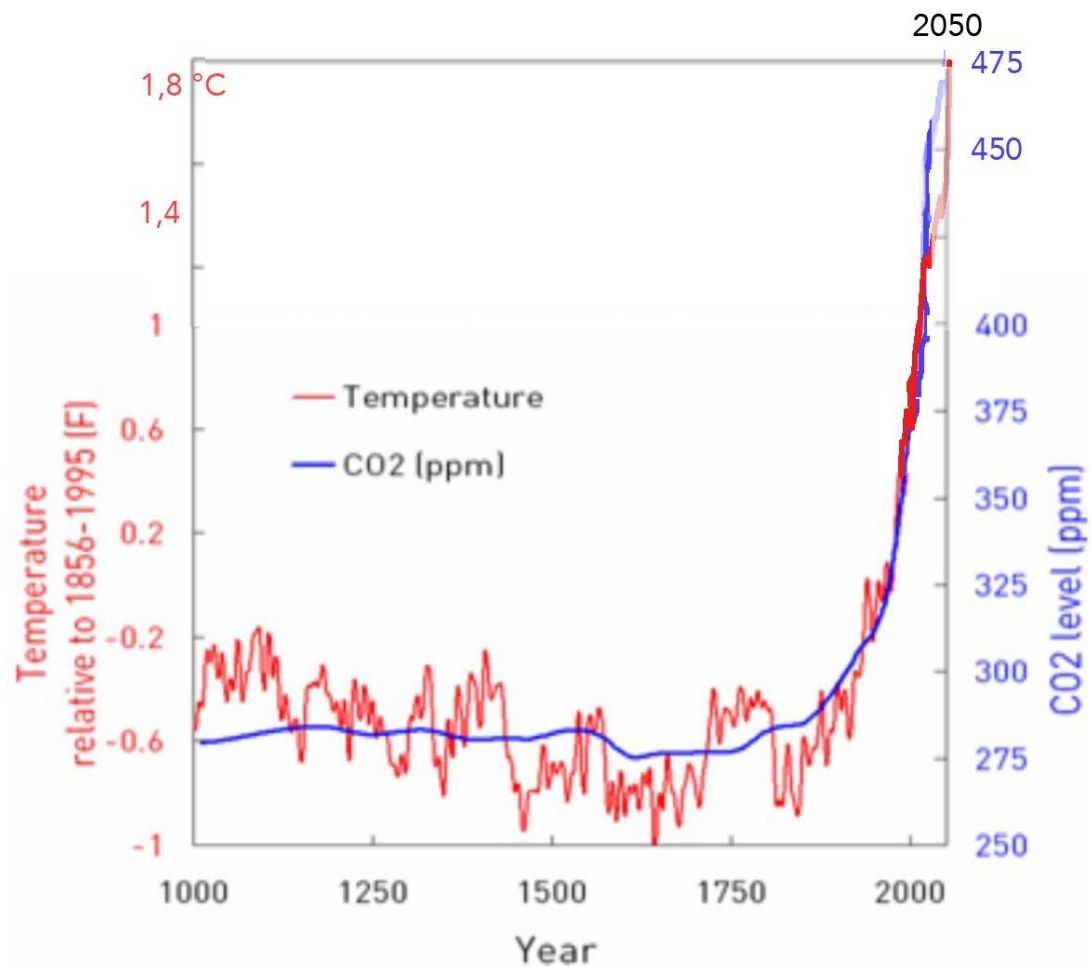
Latest CO₂ reading
April 29, 2018

411.24 ppm

Carbon dioxide concentration at Mauna Loa Observatory



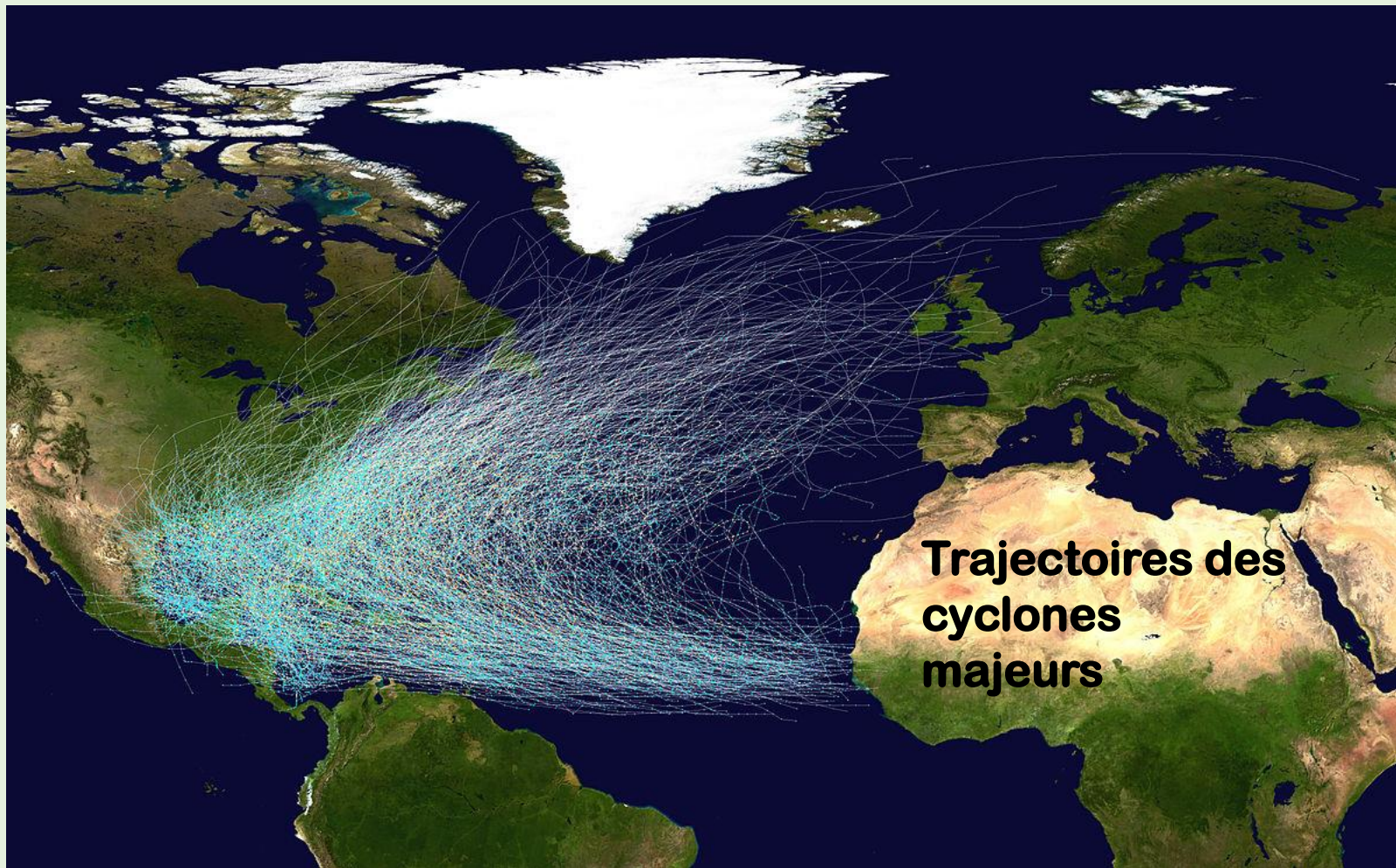
Temperature and CO2 for Last 1,000 Years



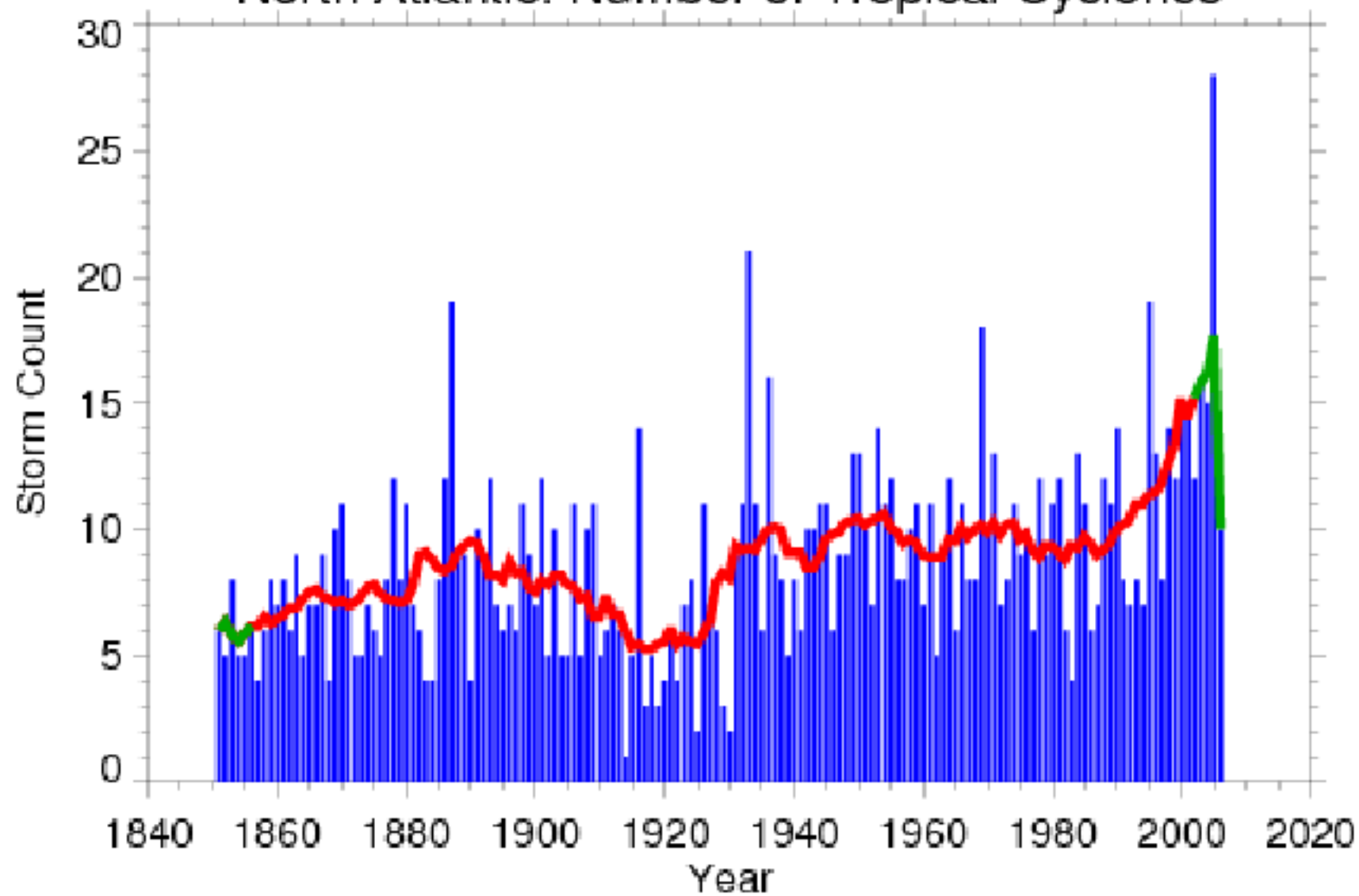
CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Impacts météorologiques et marins

Avec l'augmentation de température en surface des océans, les tempêtes deviennent plus fortes (vents dépassants les 200 km/h, pluies tropicales dépassant les 100 mm/12 h)

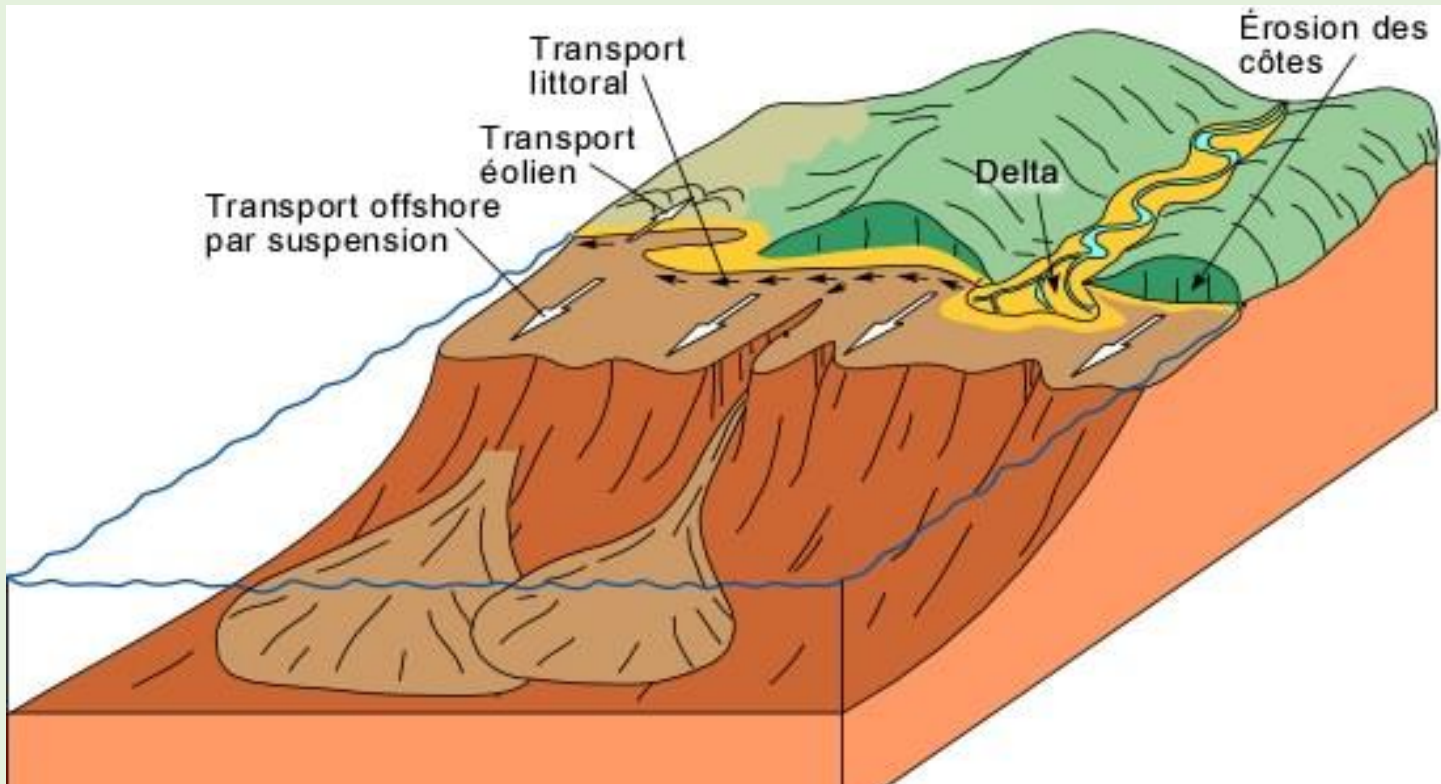


North Atlantic: Number of Tropical Cyclones



Le littoral au point de vue géologique:

- **est un système dynamique:**
- **est à la recherche d'un équilibre entre apport et départ de sédiment**



L'homme a perturbé cette dynamique

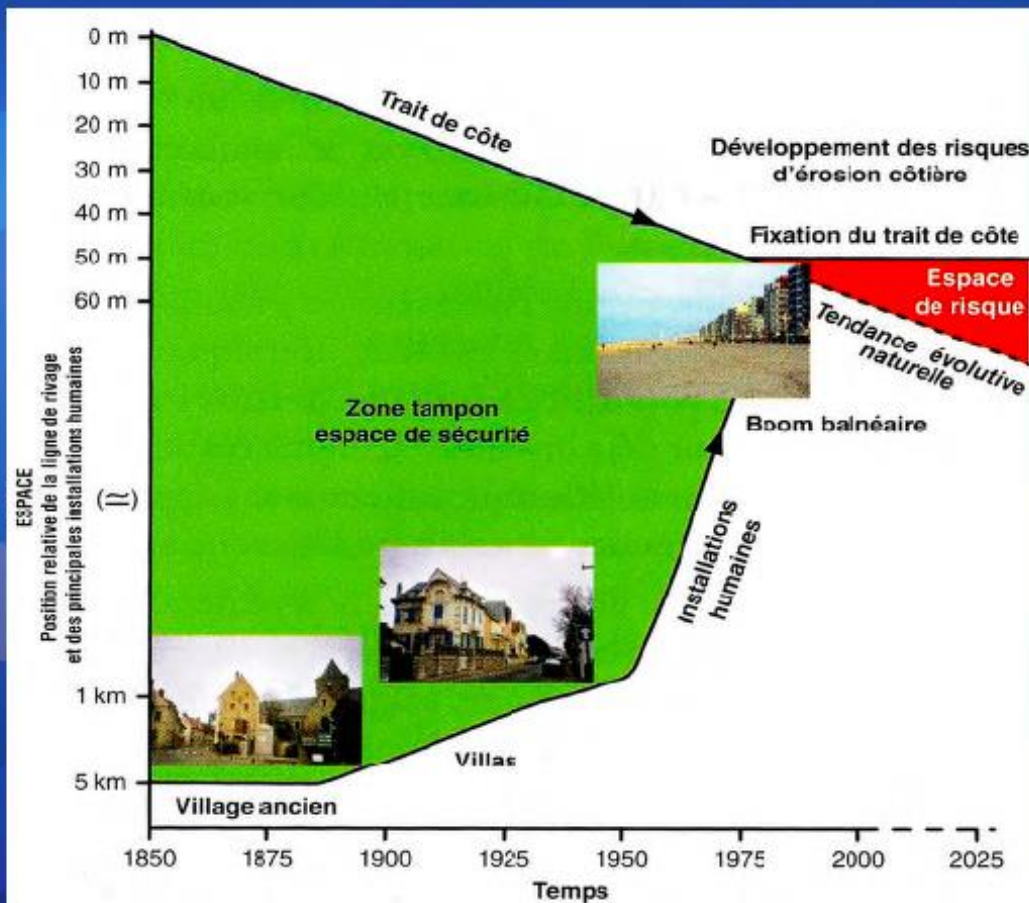
- **développement de l'habitat et des activités économiques en bordure de la mer**
- **barrages et autres artificialisations bloquant les transports de sédiment**
- **forages dans les deltas provoquant des affaissements**
- **extraction de sable et destruction des structures naturelles d'équilibre**

5 – Les enjeux



L'émergence du risque à la convergence des dynamiques naturelles et anthropiques

(Conception : C. Meur-Férec, V. Morel, 2004)



du côté érosion, la Bretagne est plutôt
avantagée

- Le granit est plus dur que la craie!



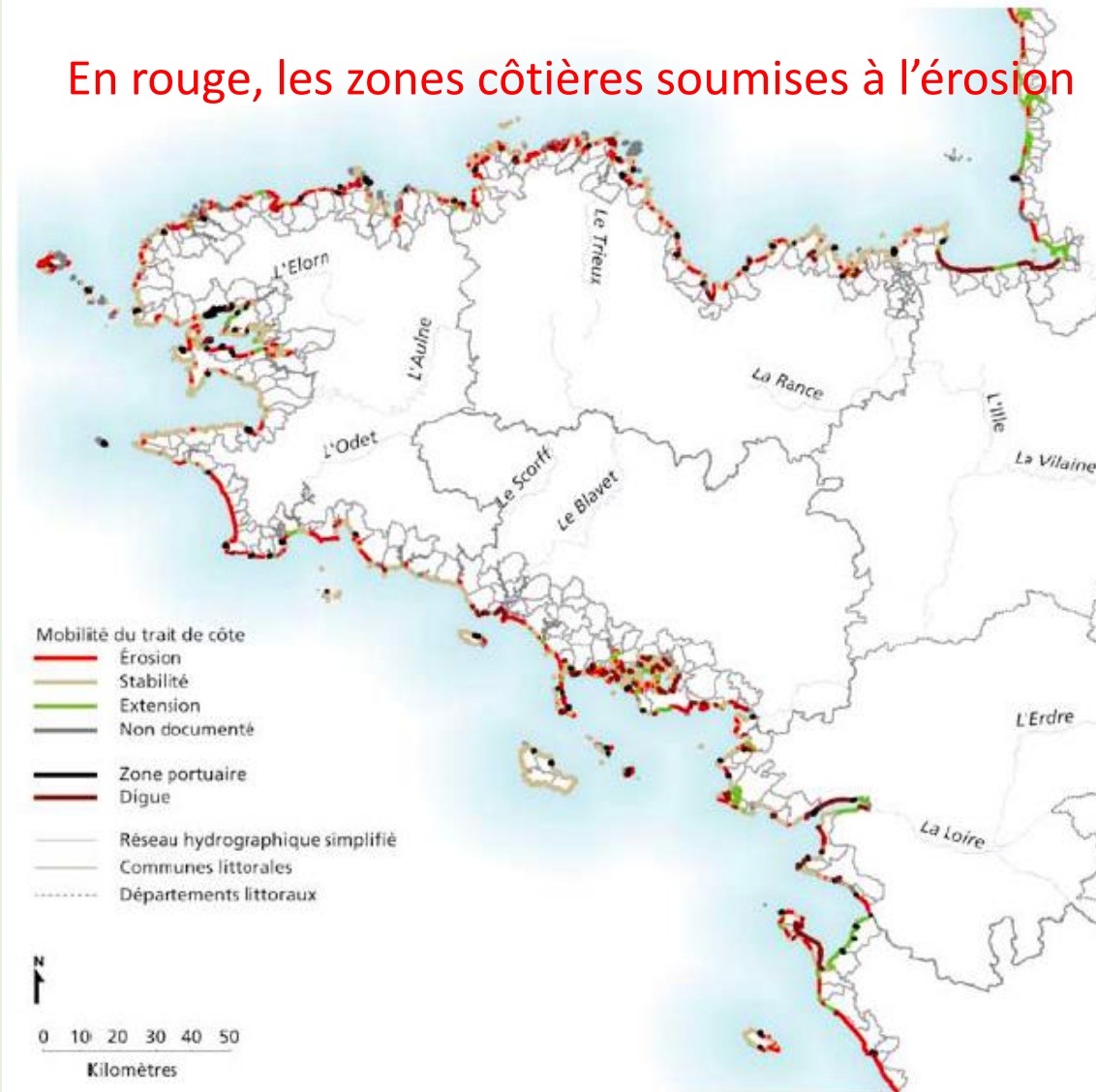


SANS PROTECTION CONTRE L'ÉROSION La résidence Le Signal était à 200 m du front de mer lors de sa construction, en 1967, à Soulac-sur-Mer (Gironde). Le préfet a ordonné son évacuation en janvier 2014. Le bâtiment n'est plus qu'à 15 m du bord de la dune.

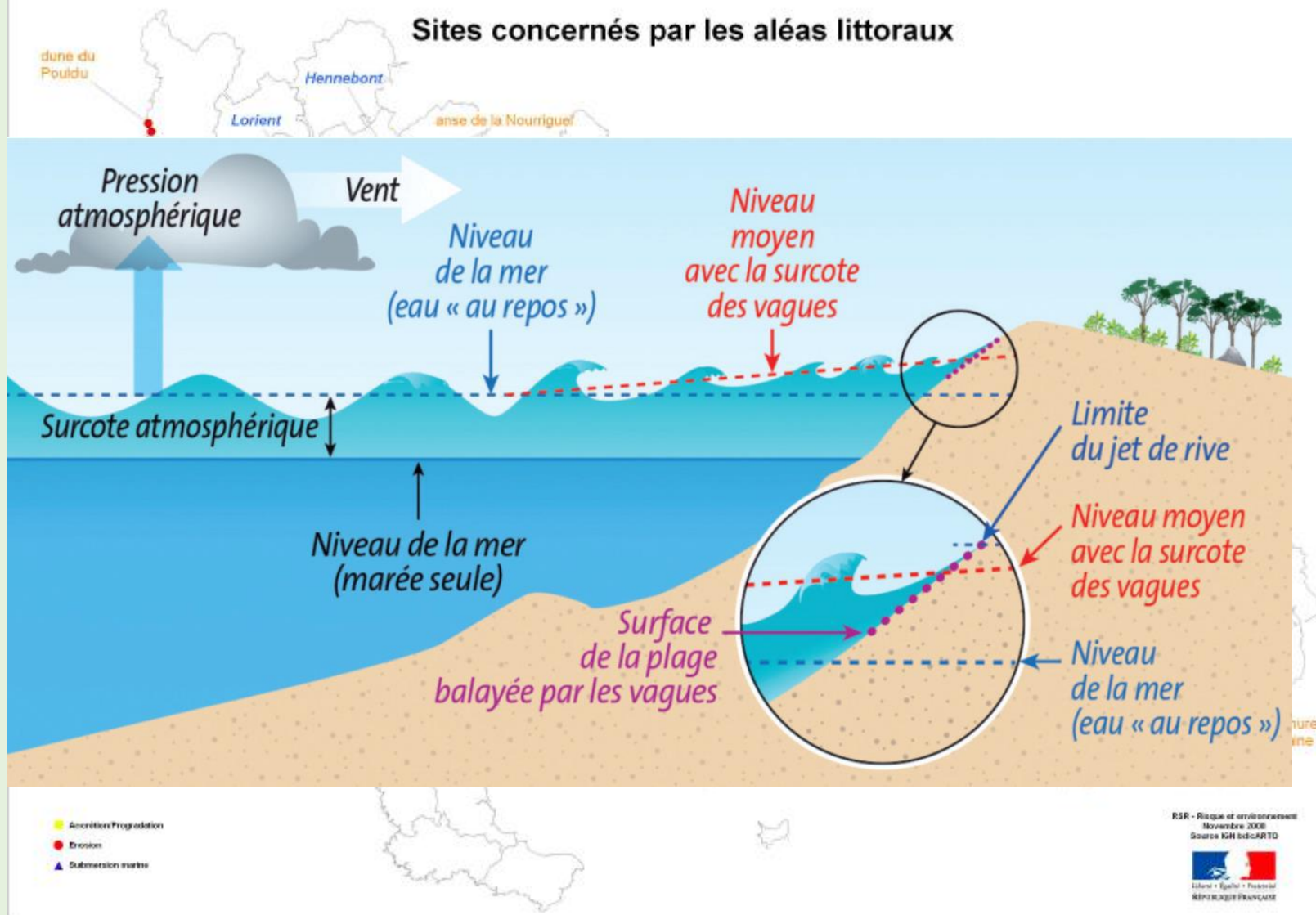
il y a aussi les dunes de sable qui protègent les anciens marais littoraux, maintenant construits (sous le niveau des hautes mers!)



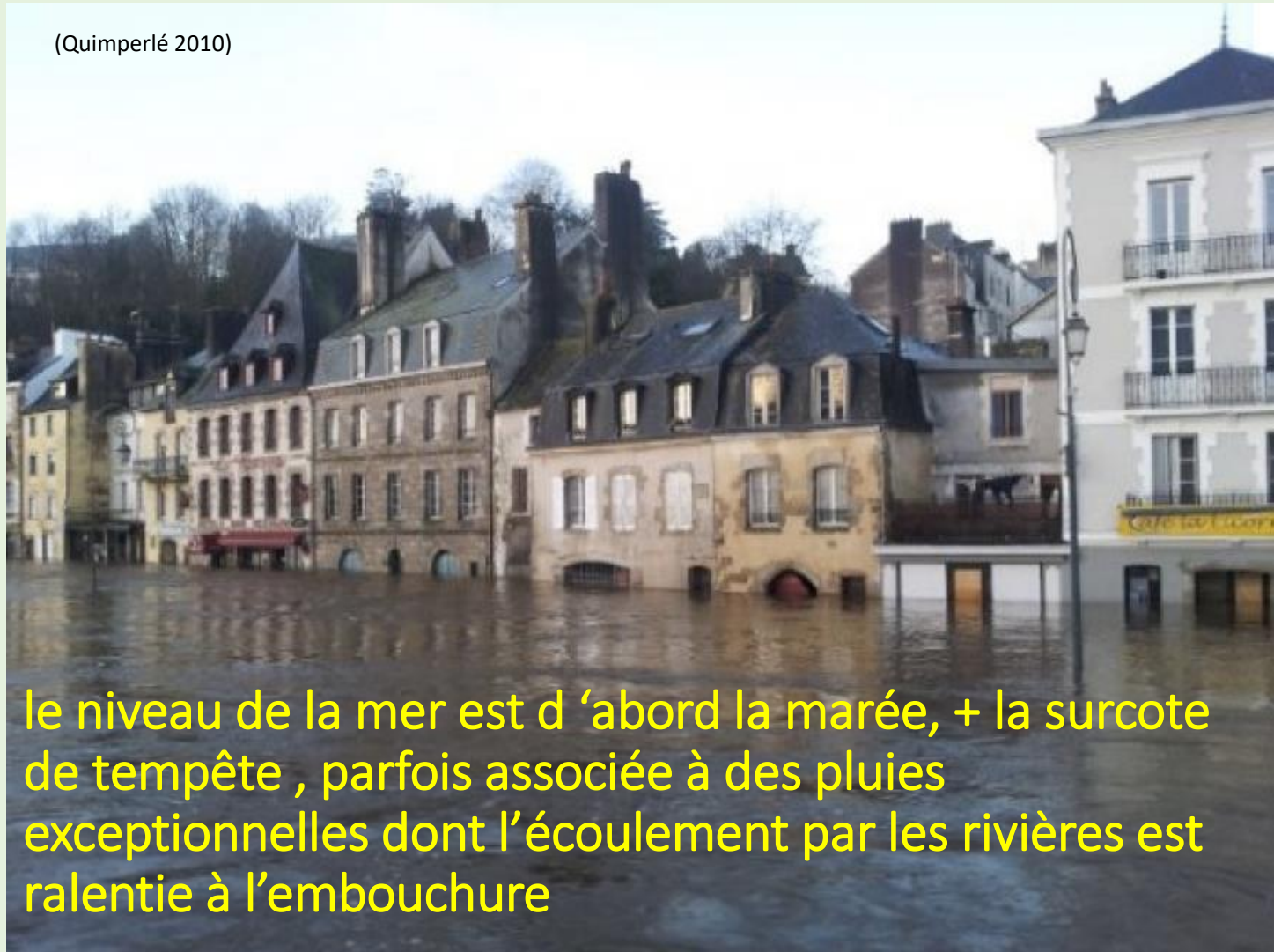
En rouge, les zones côtières soumises à l'érosion



Sites concernés par les aléas littoraux

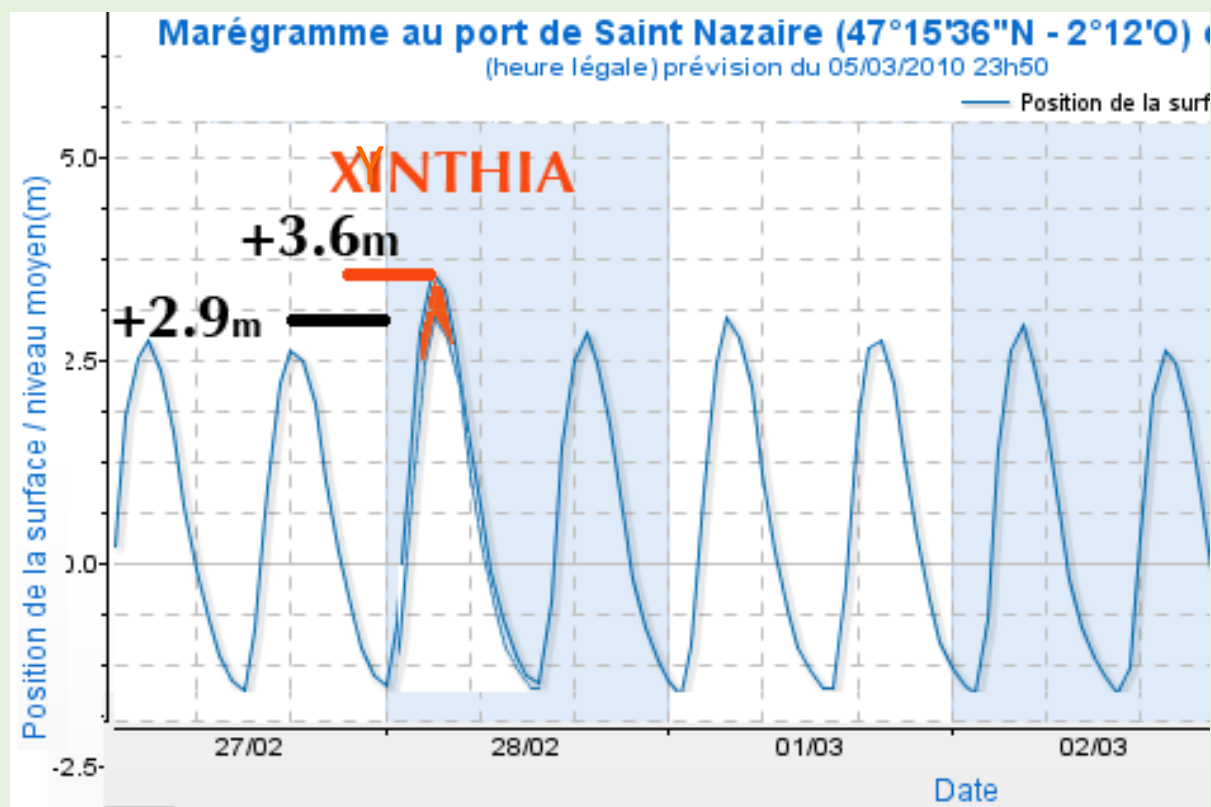


(Quimperlé 2010)



le niveau de la mer est d 'abord la marée, + la surcote de tempête , parfois associée à des pluies exceptionnelles dont l'écoulement par les rivières est ralentie à l'embouchure

Surcotes de tempêtes : Xynthia





CATASTROPHE NATURELLE Dans la nuit du 27 au 28 février 2010, la tempête Xynthia frappe La Faute-sur-Mer. La mer submerge une digue. De nombreuses maisons bâties en zone inondable n'ont ni étage ni trappe au plafond permettant de s'échapper. Bilan : 29 morts.

**Dépenser beaucoup pour
des réponses inadaptées
On peut faire mieux**



Des
réponses
souvent
dans
l'urgence



(Meur Férec 2009)

Figure empruntée de C. Le Gourvello)

La vulnérabilité : résultante de quatre composantes

(C. Meur Eérec 2009)



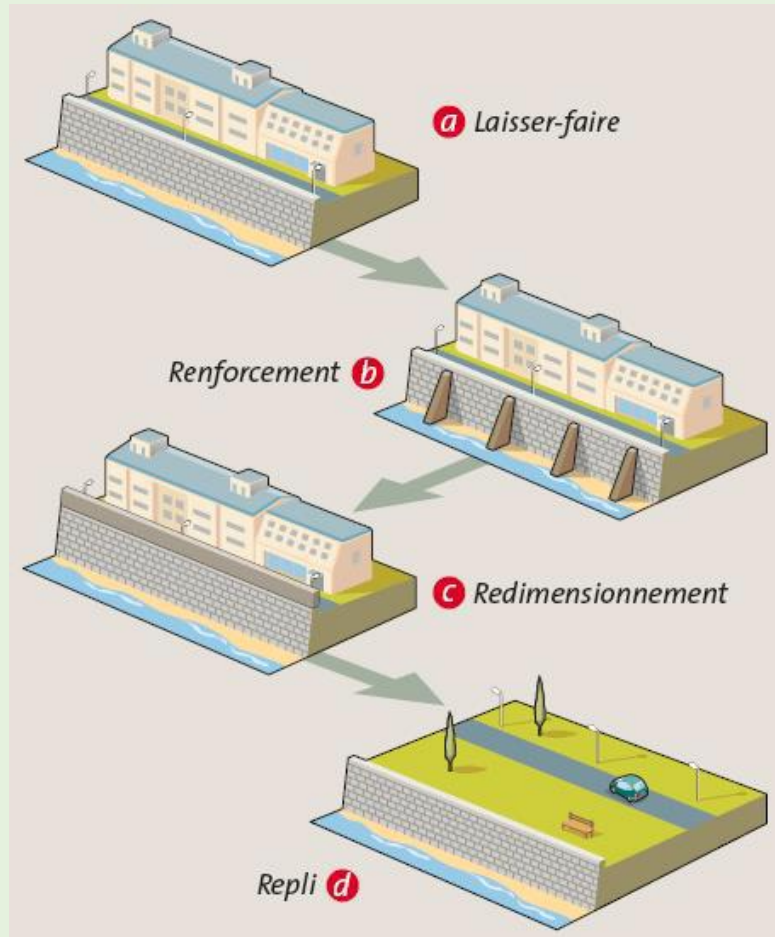
⇒ aléas (phénomènes naturels ou non : érosion, rupture de cordon dunaire, etc)

⇒ enjeux (personnes et biens exposés aux aléas)

⇒ gestion (politiques publiques de prévention, mesures de protection et de réparation)

⇒ perception - représentations (conscience du risque, attachement au territoire, capacité d'adaptation, résilience)

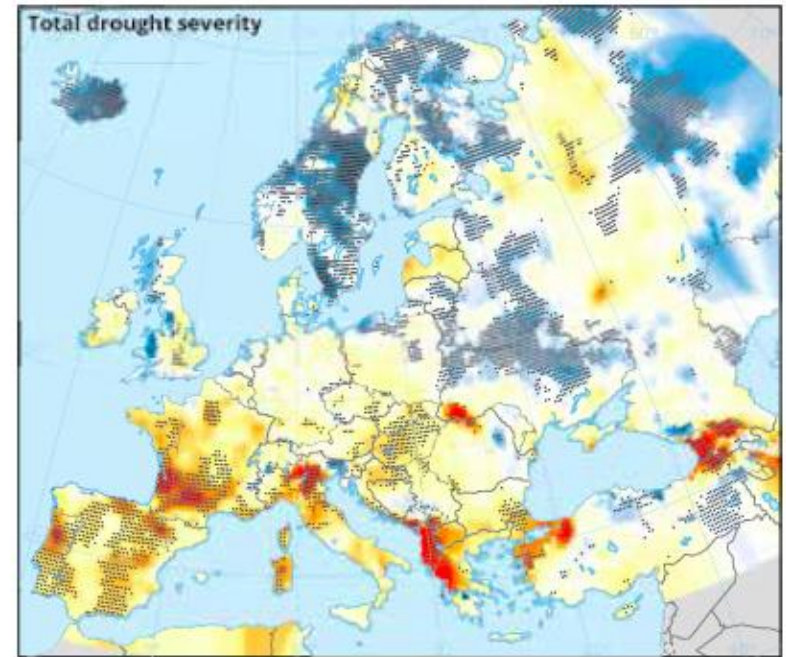
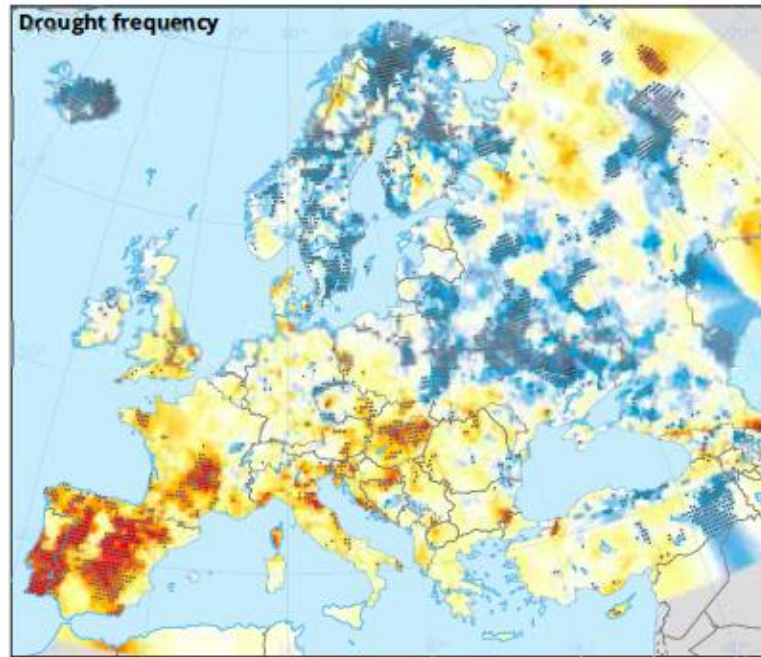
Après l'évaluation de la vulnérabilité, des mesures d'adaptation ..



Source :

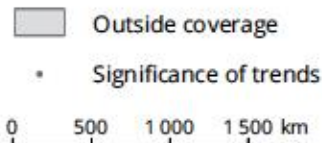
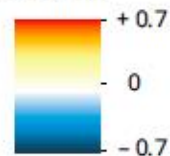
Il n'y a pas que les risques de submersion!

Le cycle hydrologique évolue : exemple des sécheresses (fréquences et sévérité), tendances depuis 1950

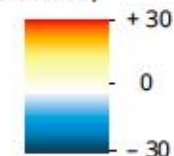


Observed trends in frequency and severity of meteorological droughts

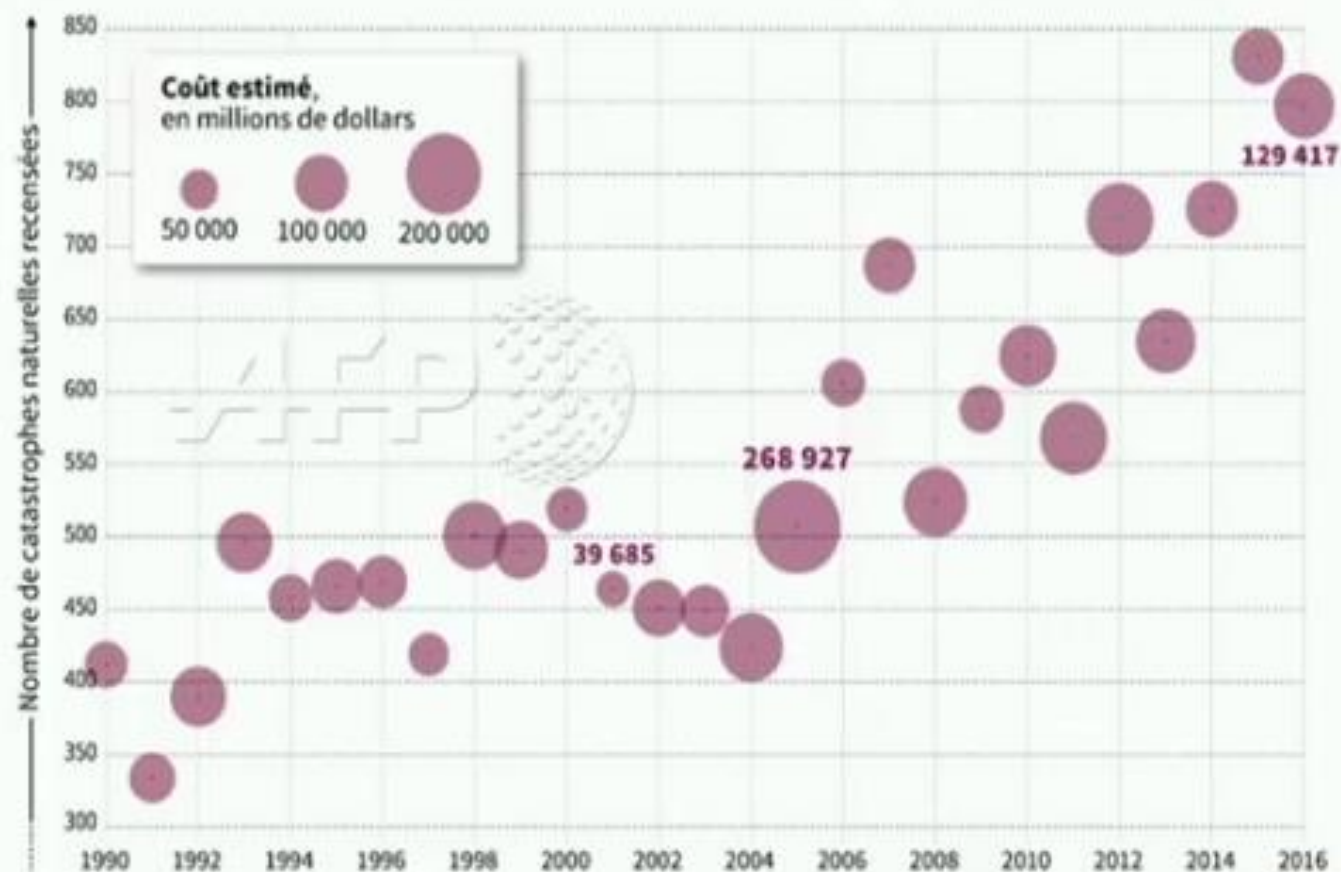
Drought frequency
(events/decade)



Total drought severity
(score/decade)



Le coût des catastrophes liées au changement climatique



Source : The Lancet Countdown

Résumé de la première partie : Changement en cours et conséquences

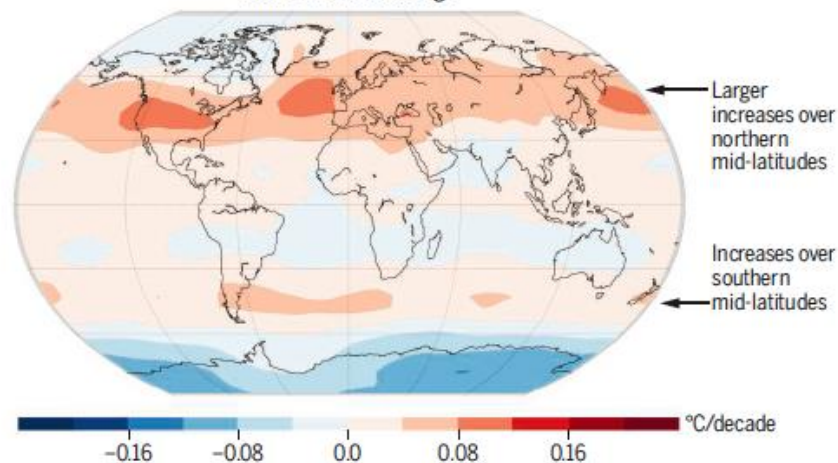
- Les climats dérivent de principes simples liés au bilan d'énergie de la Terre, à la redistribution de la chaleur modulée par la rotation terrestre et la forme des continents et océans, et les conséquences sur le cycle de l'eau (évaporation, pluie et neiges, phénomènes extrêmes).
- Le réchauffement global et ses conséquences sont démontrés

- la fréquence et l'intensité des événements extrêmes augmentent rapidement
- Les couts économiques, humains, et pour l'environnement liés aux catastrophes climatiques augmentent simultanément.
- On ne peut plus les ignorer

- **Les prévisions météorologiques sont possibles jusqu'à plus d'une semaine, mais elles ne prennent pas en compte les phénomènes intégrant les échanges sur des périodes plus longues (saisons...) comme la réflexion des sols (neige, forêts caduques) et les échanges en profondeur dans les sols et les océans: Les climats**
- **remarque :** Elles ont encore du mal à prévoir la fréquence et l'intensité des extrêmes

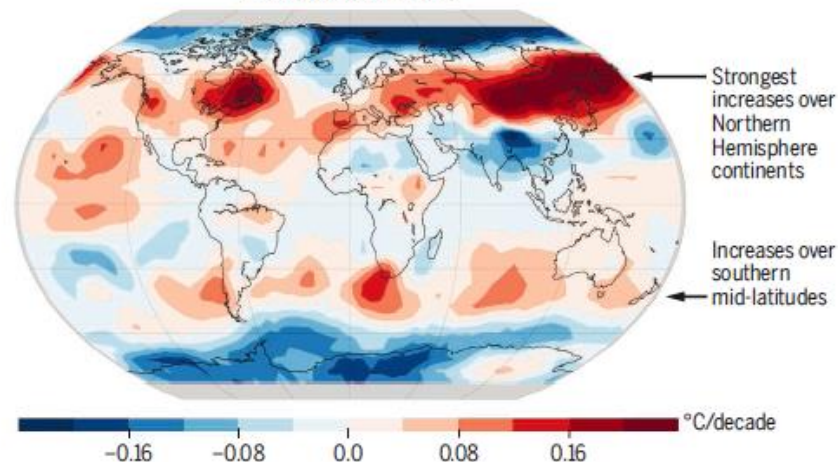
- **La modélisation des changements climatiques (mois à dizaines d'années) prend en compte l'ensemble des échelles de temps et d'espace influant sur ces changements, et en particulier les changements de composition de l'atmosphère .**
- **Elle prévoit l'évolution moyenne des tendances et les principales incertitudes, mais mal les extrêmes (qui évoluent plus vite que ce que montre les modèles)**

Climate model average



Changes in the annual temperature cycle derived from an average of 36 different climate models that include greenhouse gas forcing. Results are calculated for simulations covering the period from 1979 to 2016 and sampled similarly to the satellite observations.

Satellite observations



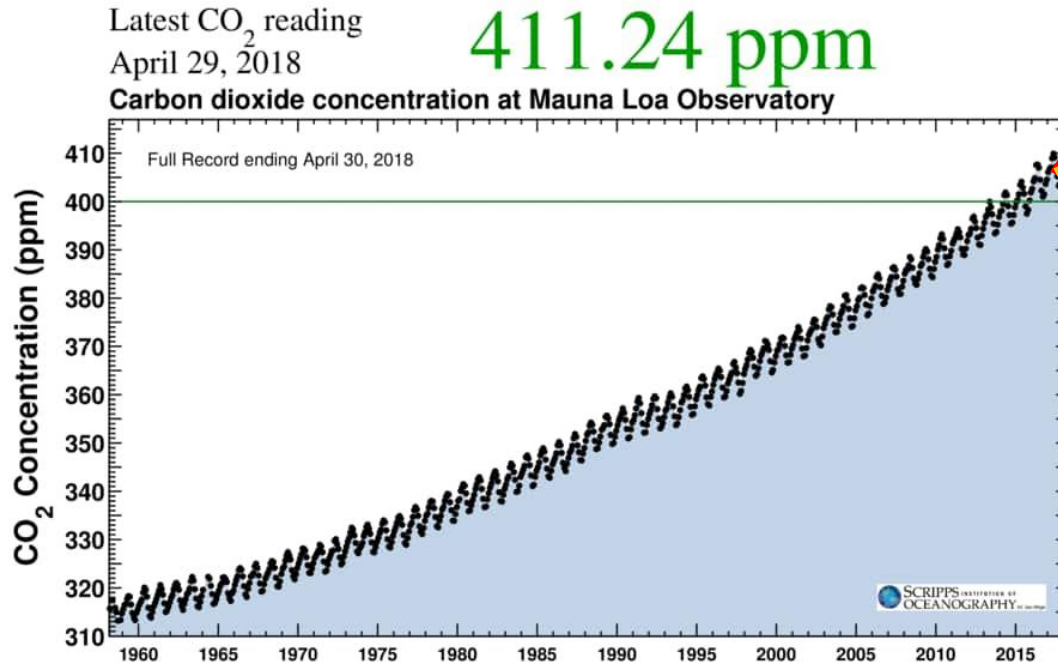
Observed changes in the annual cycle of lower-atmosphere temperature derived from satellite measurements from 1979 to 2016. Red areas correspond to relatively more warming during summer, that is, an increase in annual-cycle amplitude.

pour le futur, hypothèses économiques et sociales conduisant à des scénarios d'émission de gaz à effet de serre

Le changement va continuer, avec
l'accumulation des Gaz à Effet de Serre

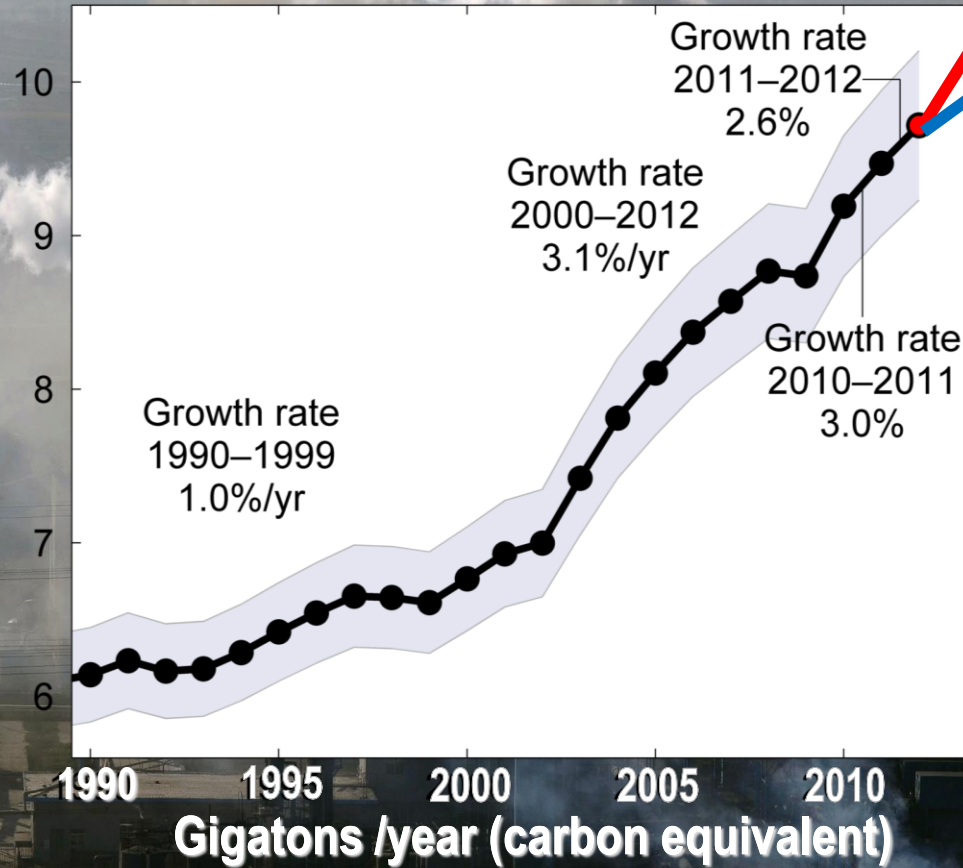
Et pour le futur

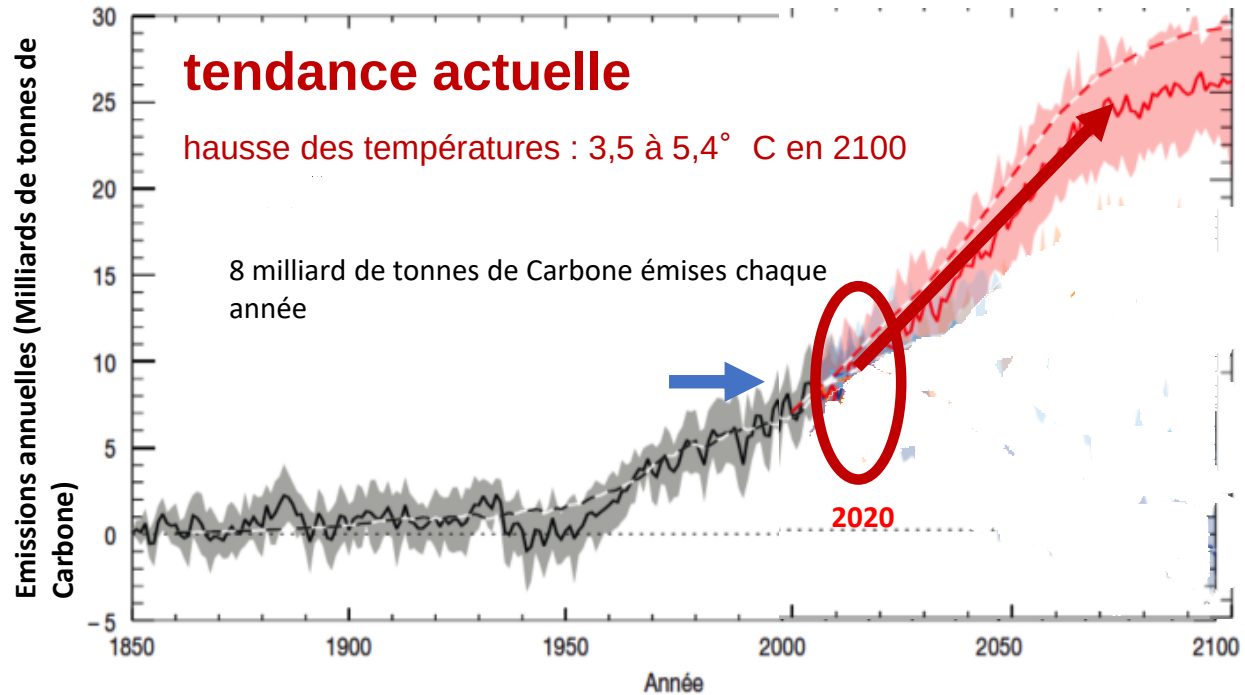
?



Il dépendra de nos choix
industriels et énergétiques

Emissions de Gaz à Effet de Serre

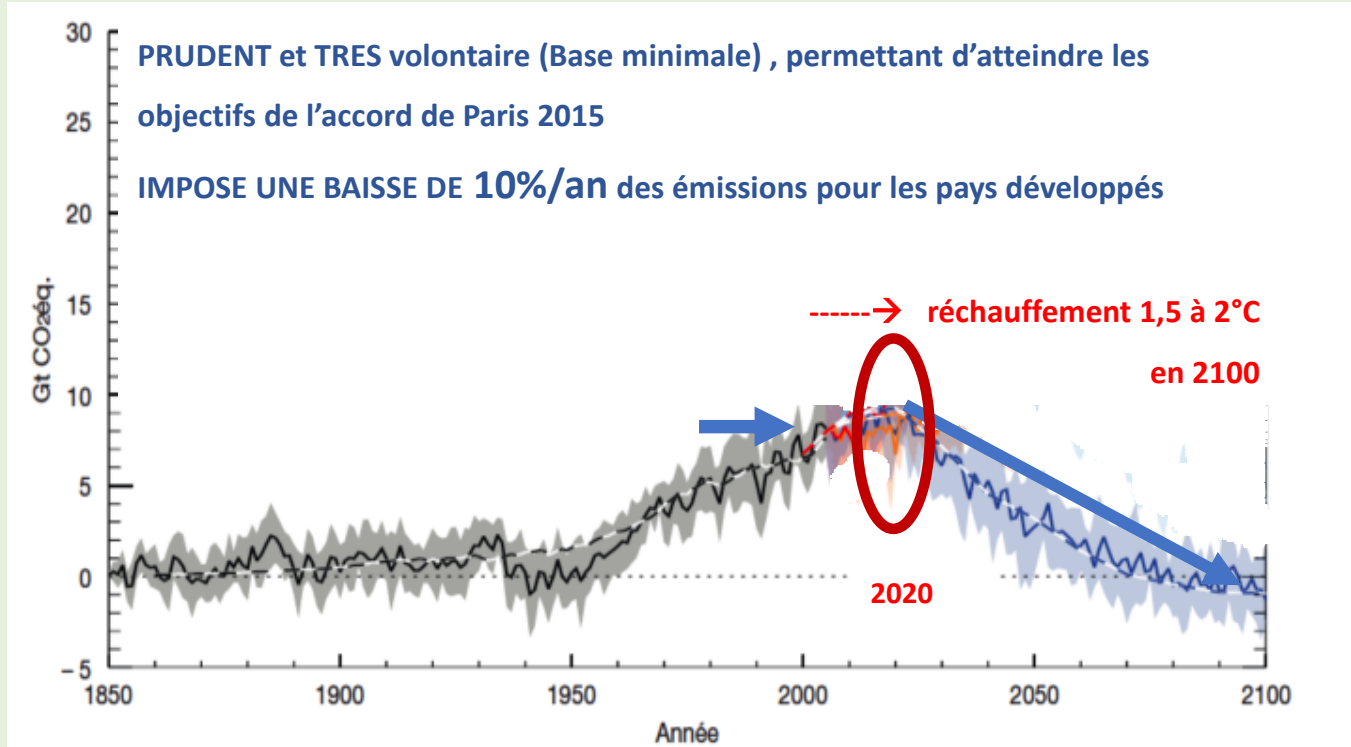




(on développe les énergies traditionnelles : gaz de schiste, pétrole profond et arctique...)
C'est ce que veulent USA, Russie, Norvège et les grandes compagnies pétrolières

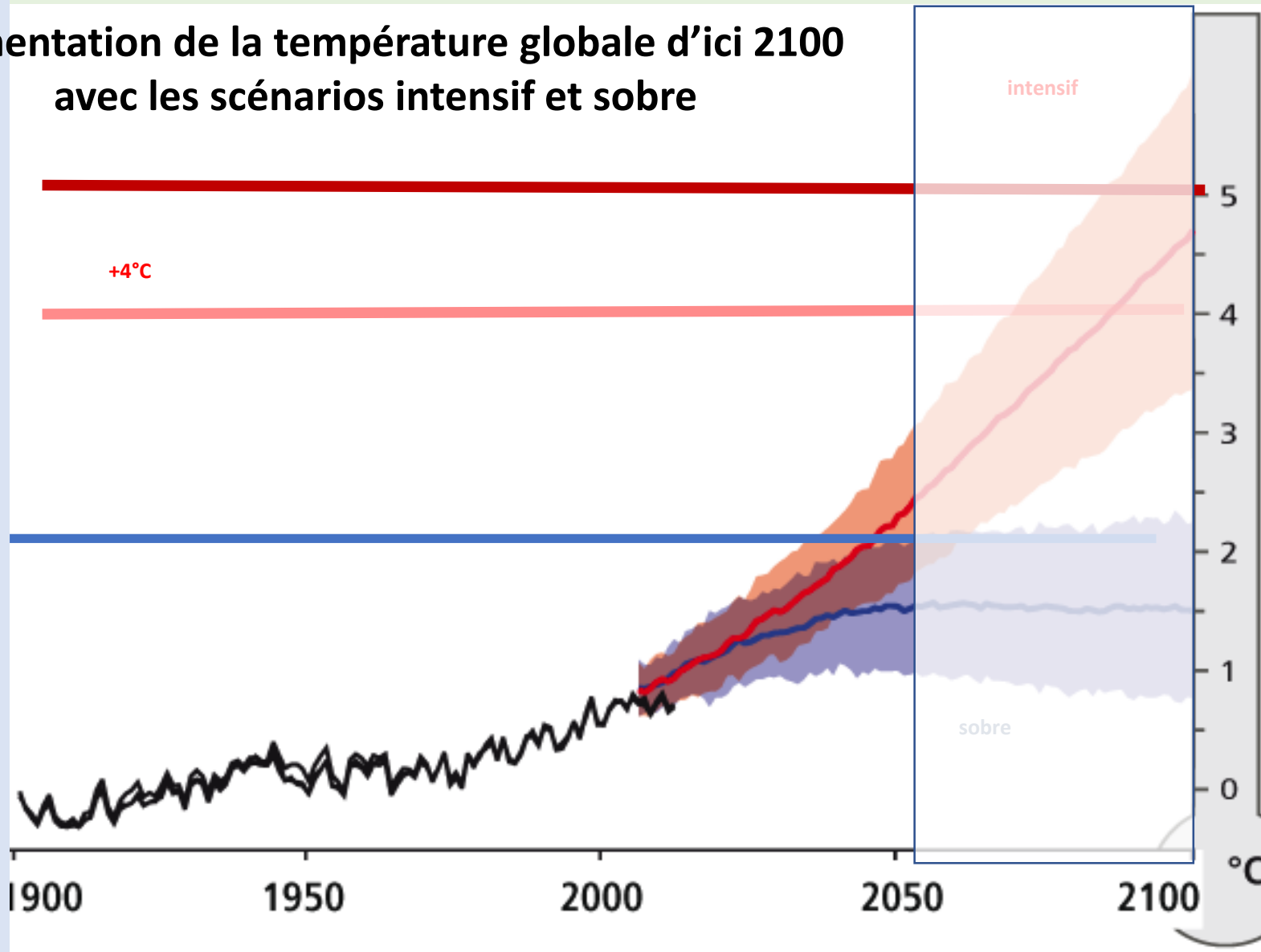
Emissions annuelles

(Milliards de tonnes
de Carbone)



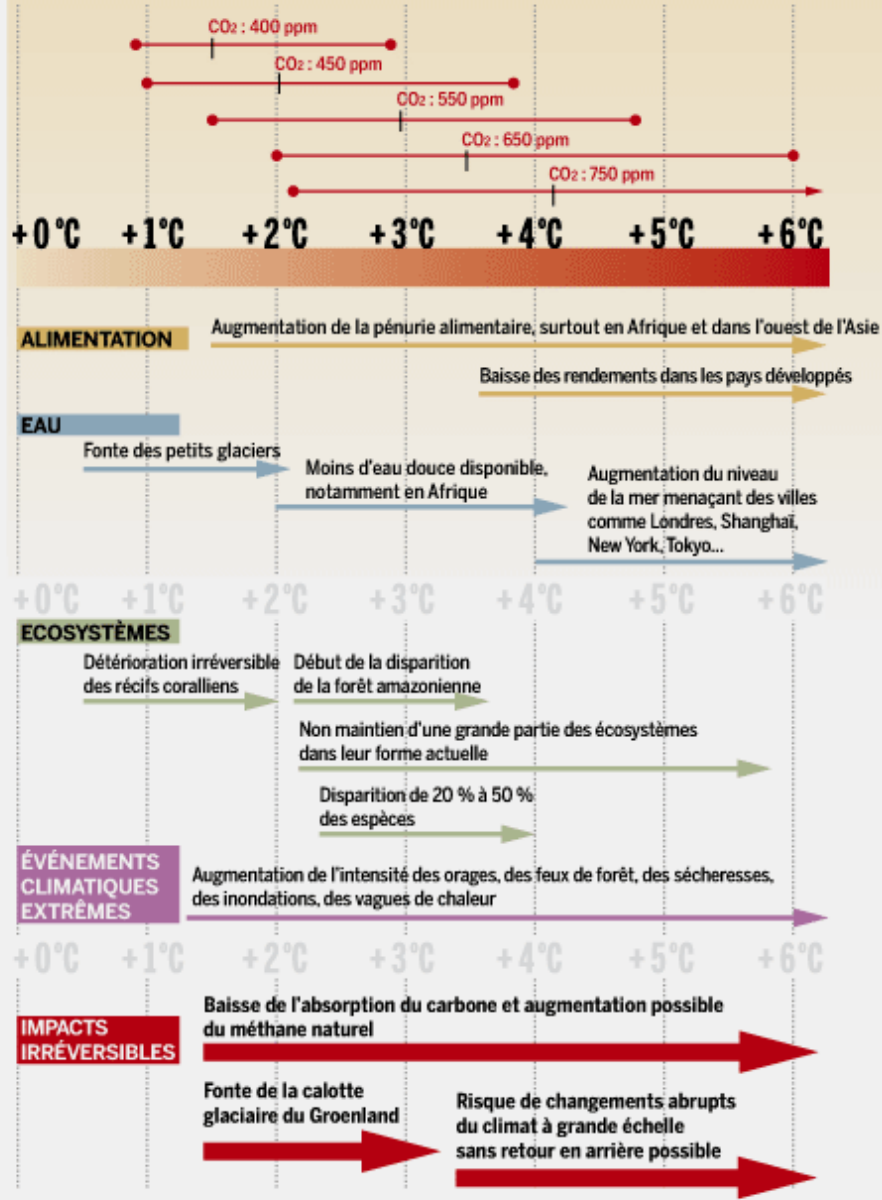
On investi à fond sur les économies d'énergie et les énergies renouvelables

Augmentation de la température globale d'ici 2100 avec les scénarios intensif et sobre

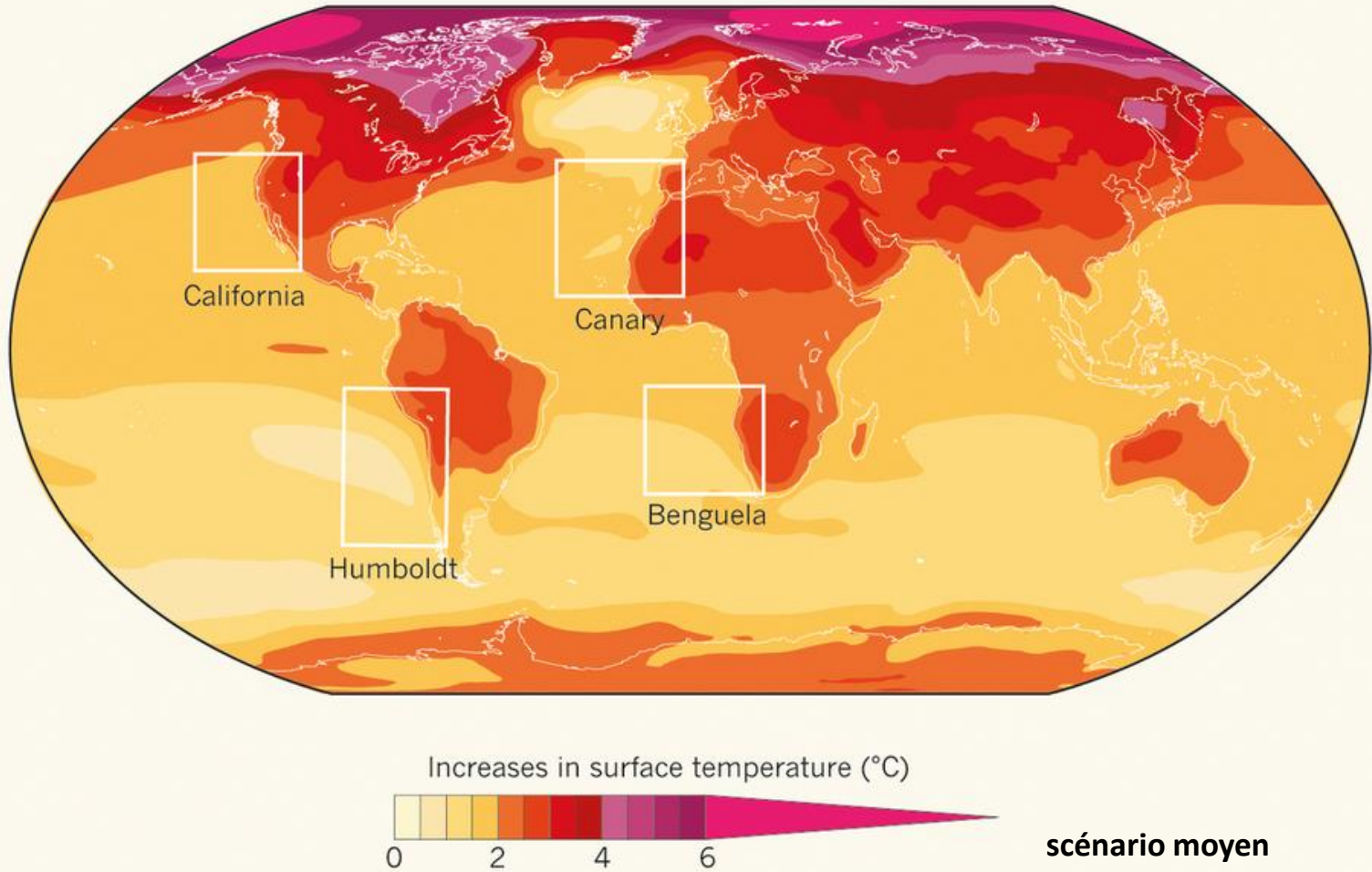


Scénarios catastrophe

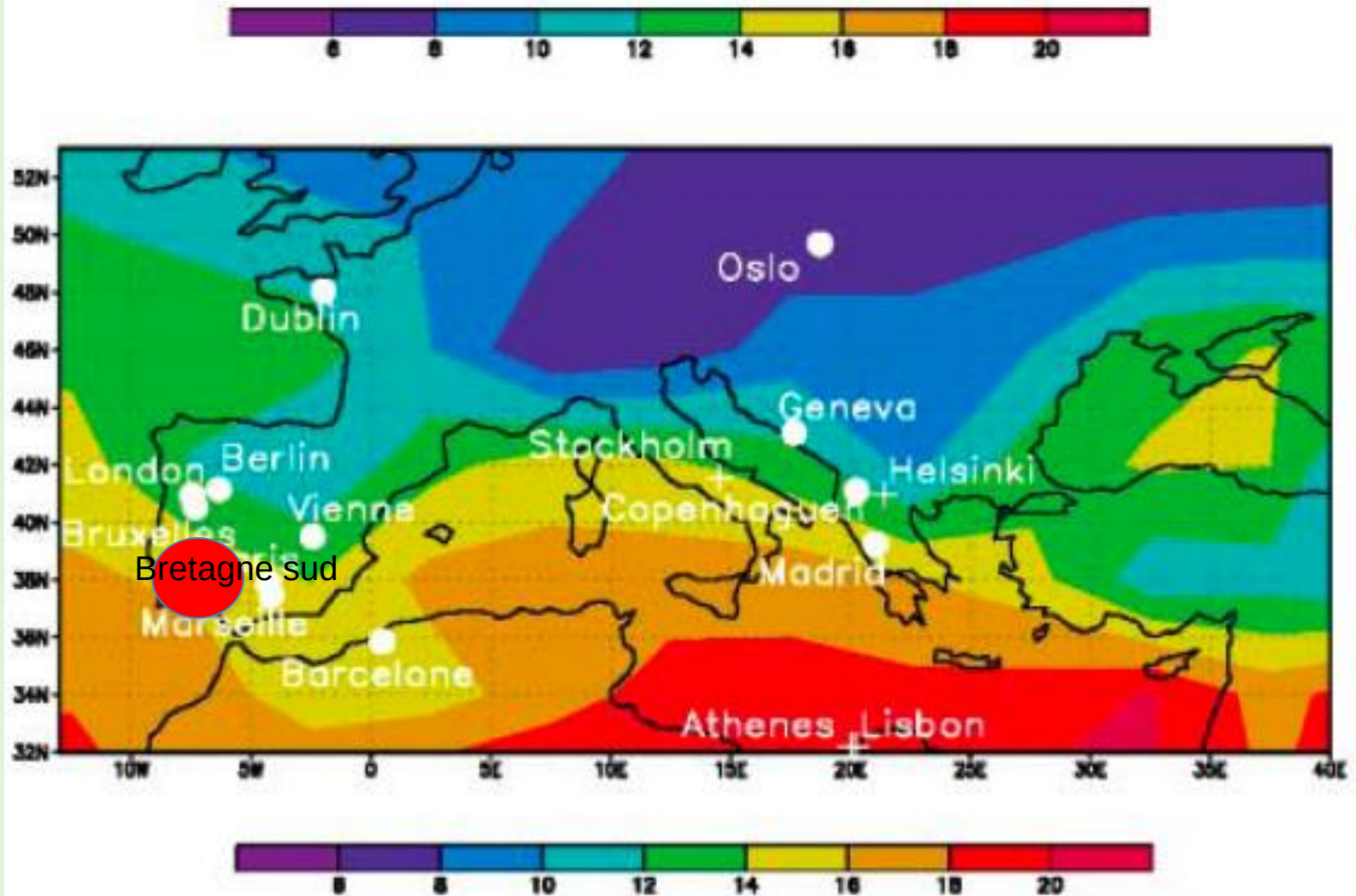
Ce schéma illustre l'impact qu'aurait une augmentation des gaz à effet de serre comprise entre 400 ppm et 750 ppm (parties par million) pour le CO₂. La ligne horizontale rouge montre l'intervalle de probabilité de la hausse des températures qui dépend du scénario de réchauffement retenu, mais aussi de la localisation géographique. La ligne verticale noire représente la moyenne. Aujourd'hui, la concentration en CO₂ dans l'atmosphère dépasse 380 ppm.

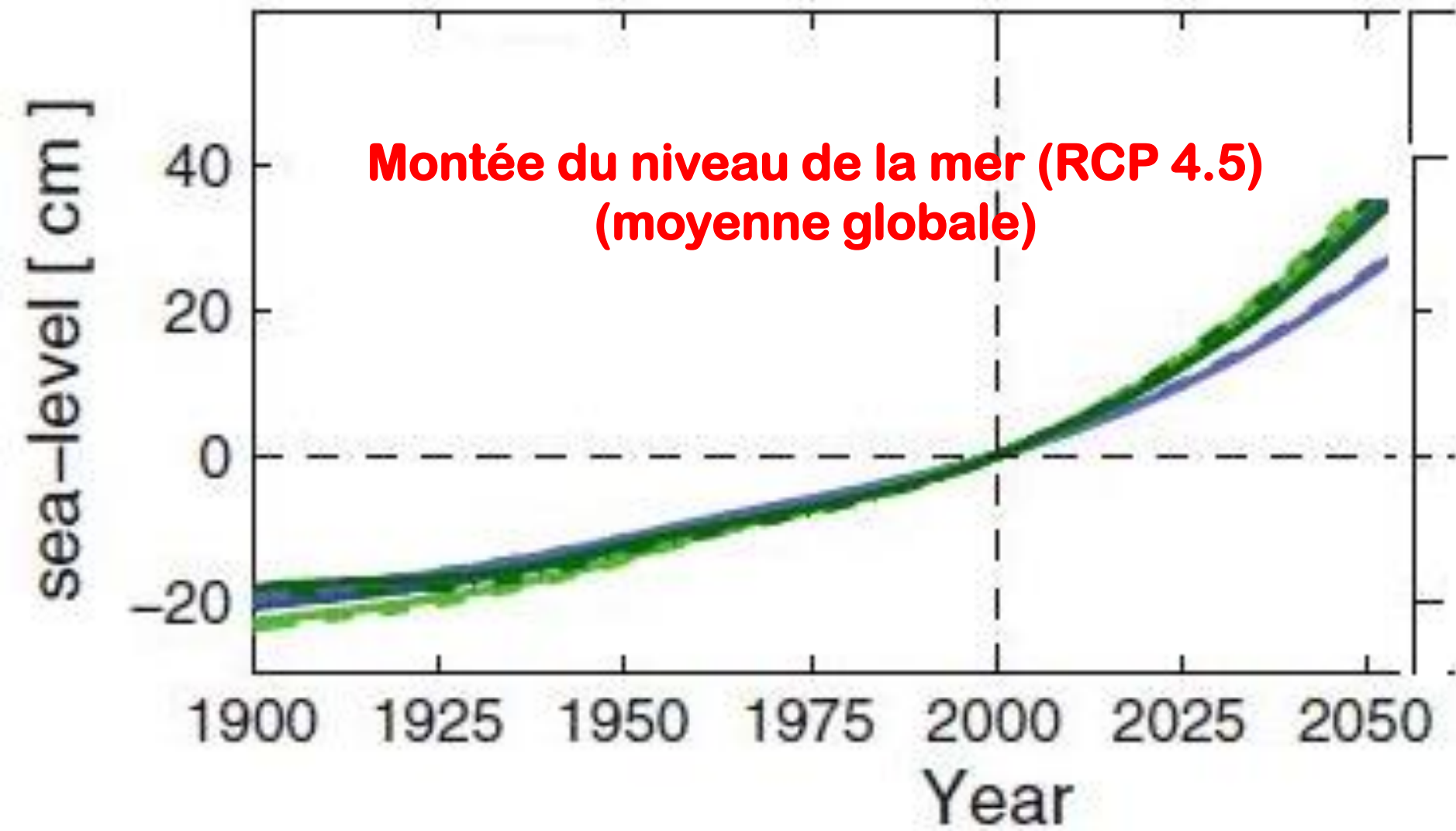


Réchauffement 2050

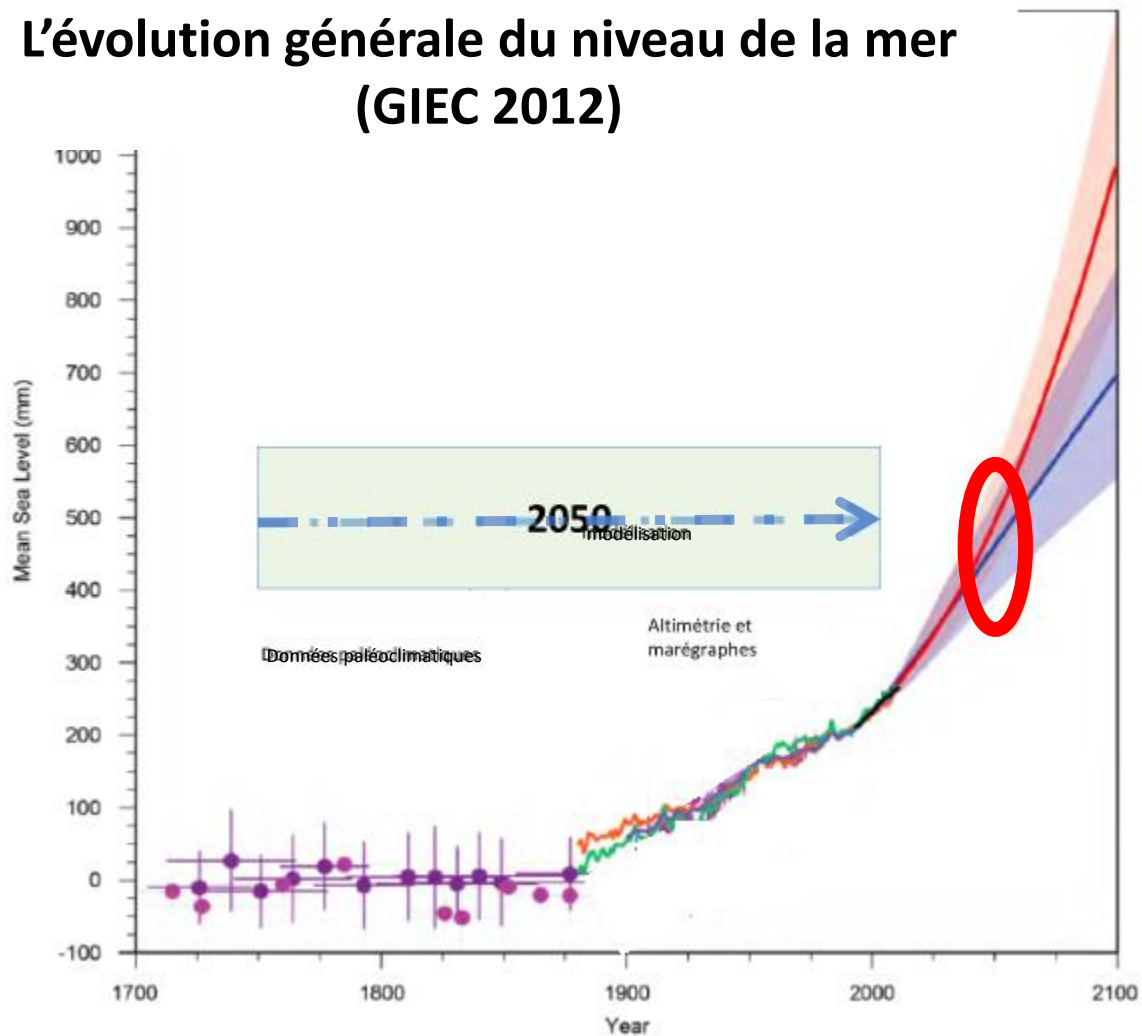


Où serons-nous à la fin du siècle (Modèle Hadley Center) ?

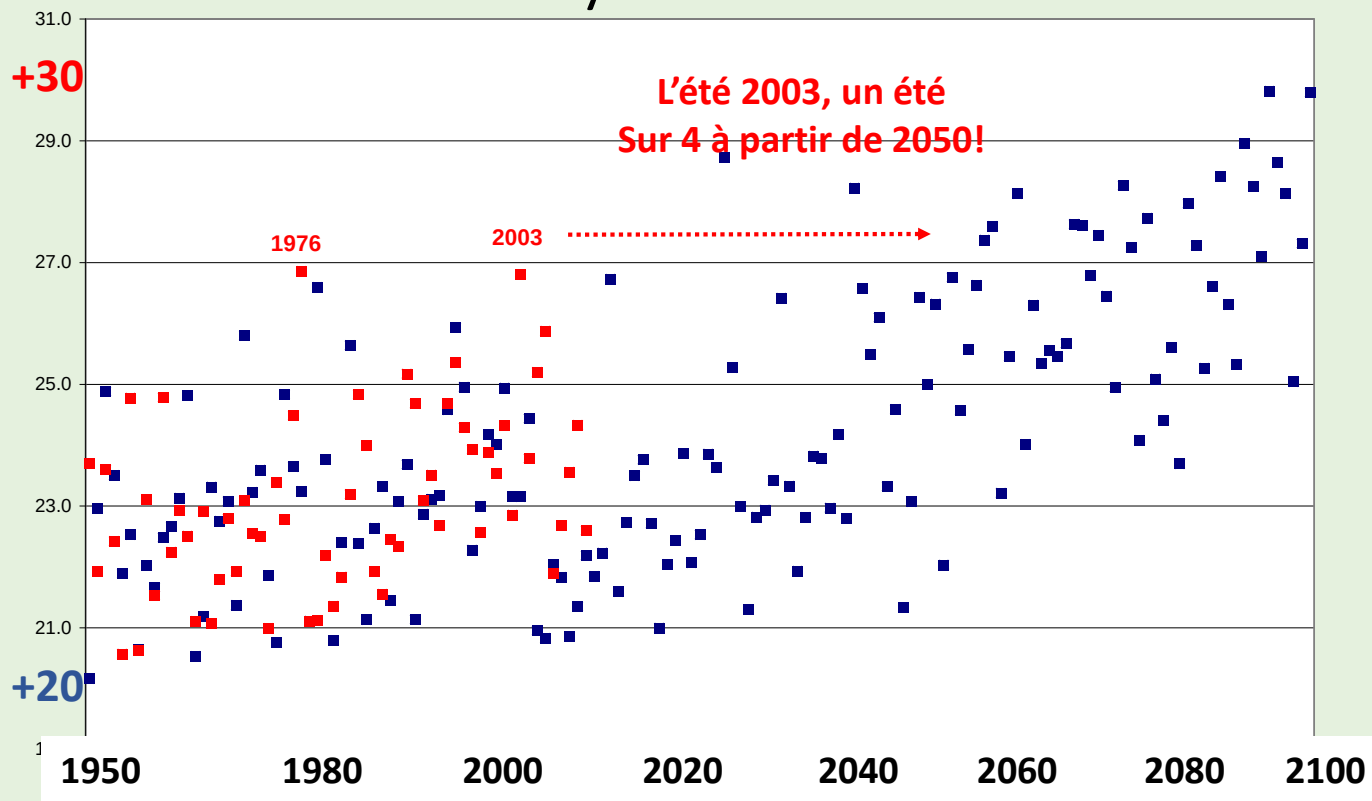




L'évolution générale du niveau de la mer (GIEC 2012)

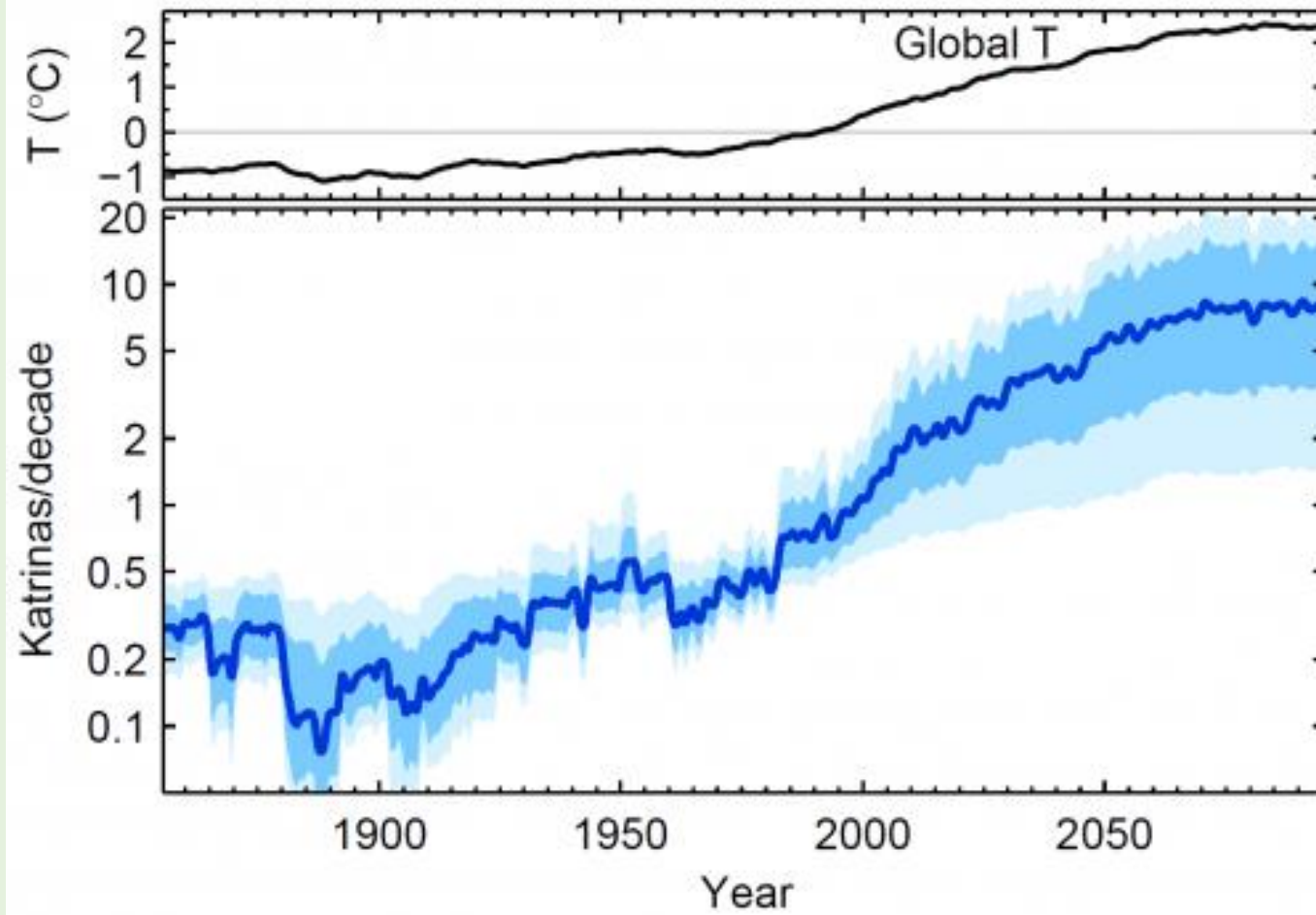


Tendance des moyennes estivales maximales



Comparaison de la température maximale moyenne en été sur Rennes (en °C)

entre **observations** (1950-2011) et **simulations** (1950-2100),
ARPEGE climat scénario A1B.

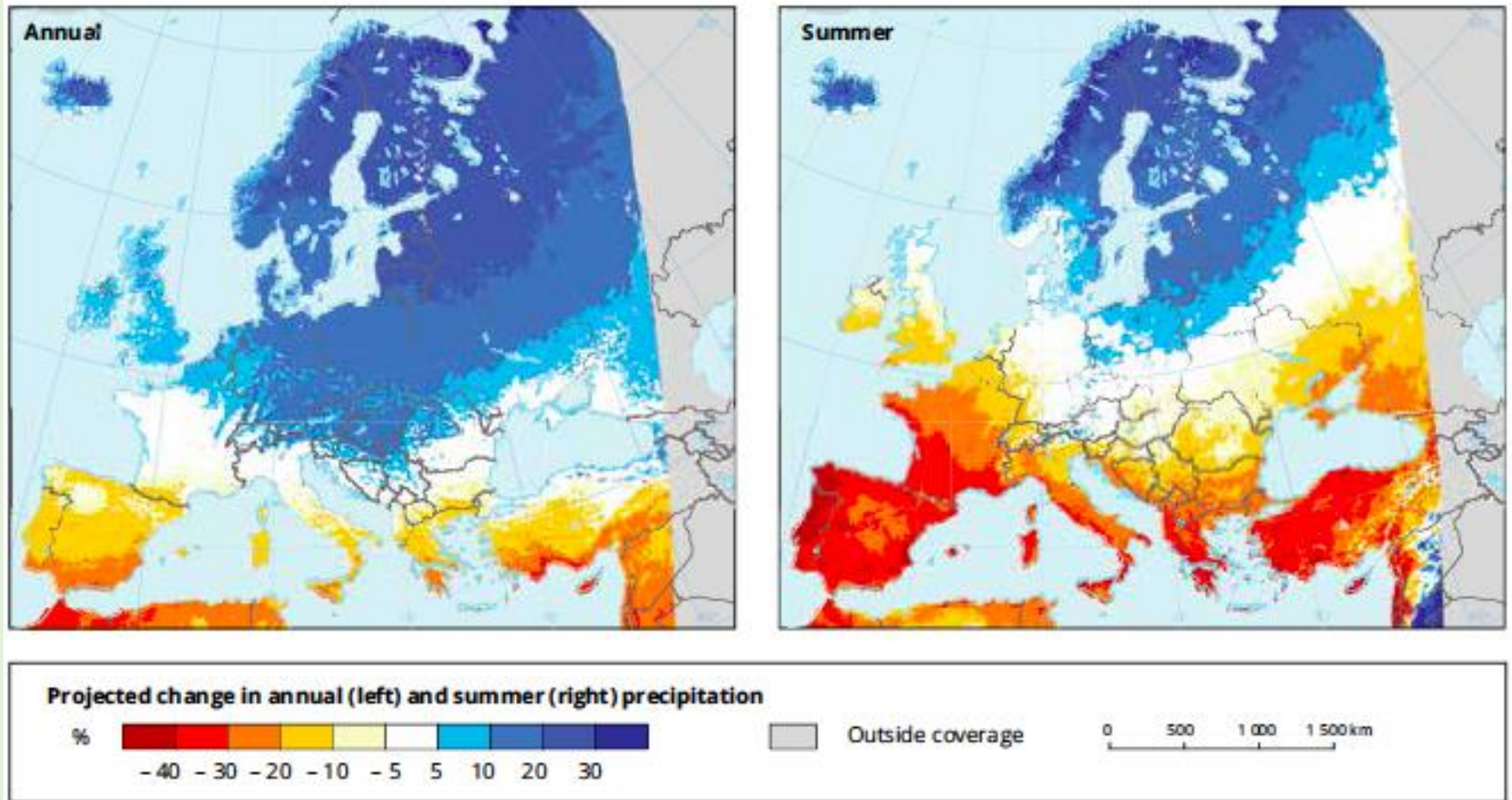


**Evolution du nombre d'ouragans exceptionnels (type Katrina)
en scénario « très prudent » (nb/10 ans)**

Credit: Aslak Grinsted, Niels Bohr Institute

Read more at: <https://phys.org/news/2013-03-tenfold-hurricane-frequency-century.html#jCp>

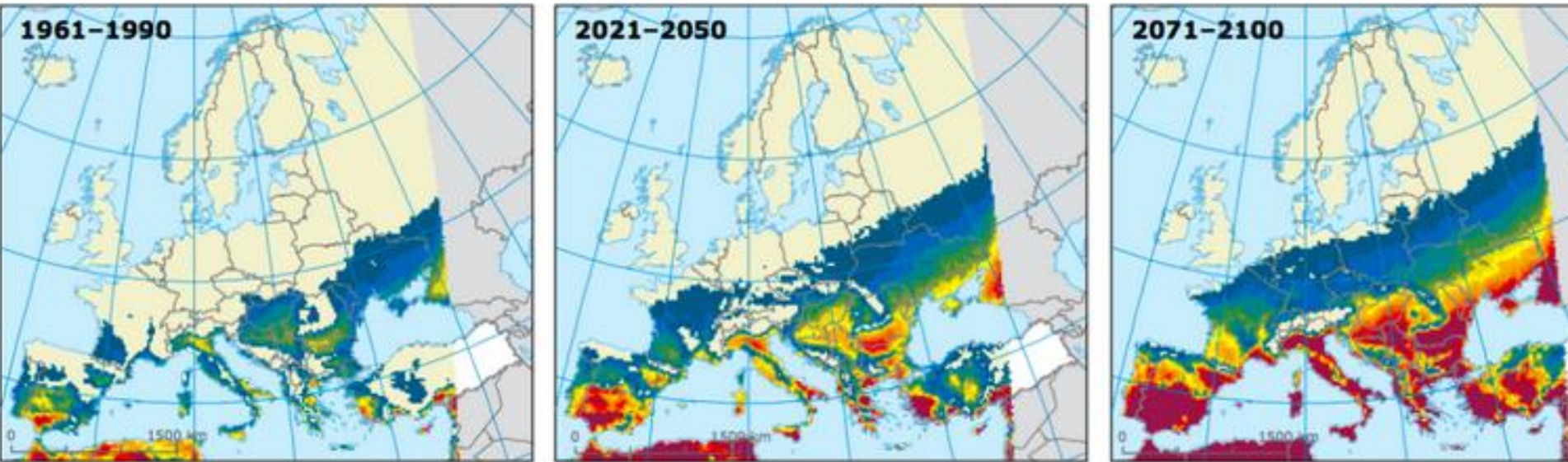
Changement des régimes de pluie en 2050



Note: This map shows projected changes in annual (left) and summer (right) precipitation (%) in the period 2071–2100 compared with the baseline period 1971–2000 for the forcing scenario RCP8.5. Model simulations are based on the multi-model ensemble average of many different RCM simulations from the EURO-CORDEX initiative.

Source: EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014).

Map 2.4 Projections of extreme high temperatures



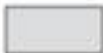
Number of combined tropical nights (> 20 °C) and hot days (> 35 °C)



0 2 6 10 14 18 22 26 30 34 38 42 46 50

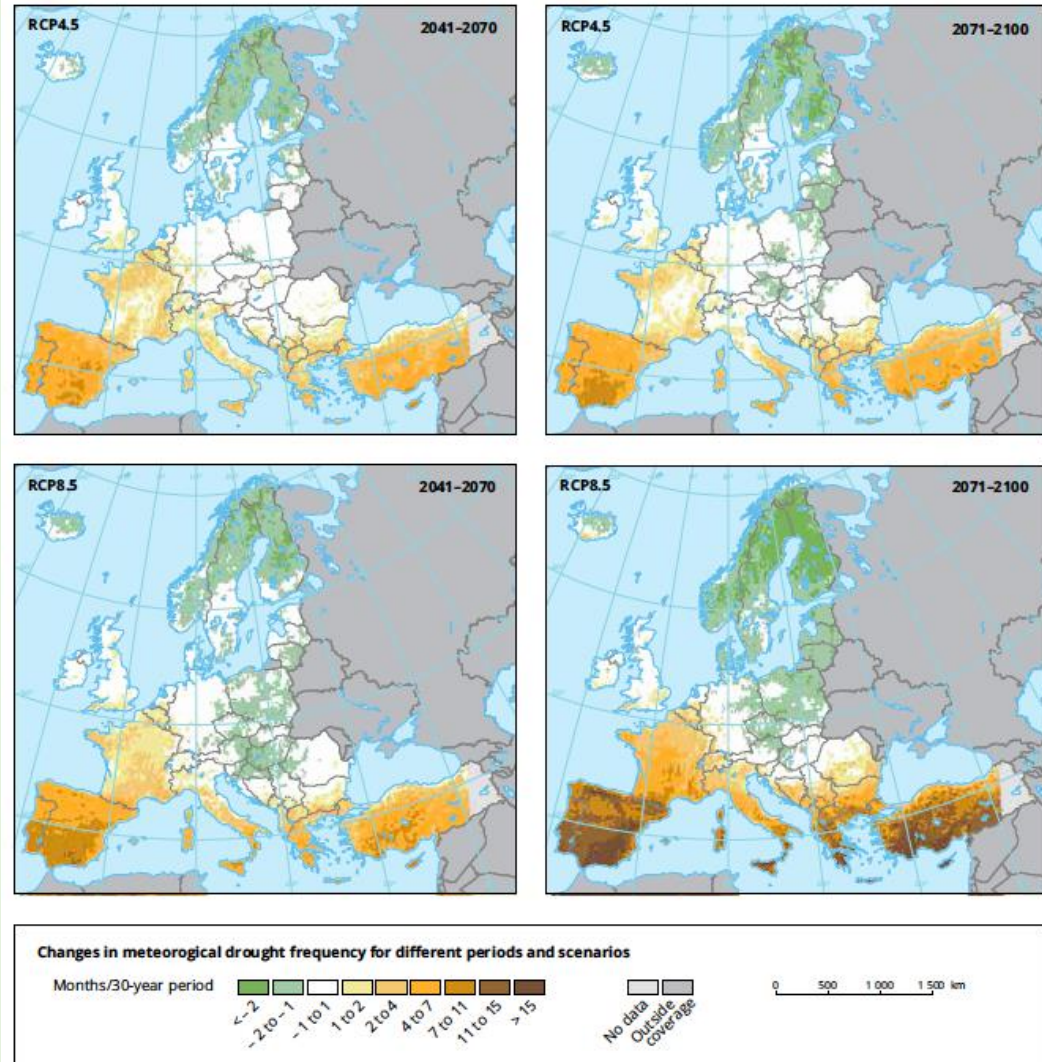


No data



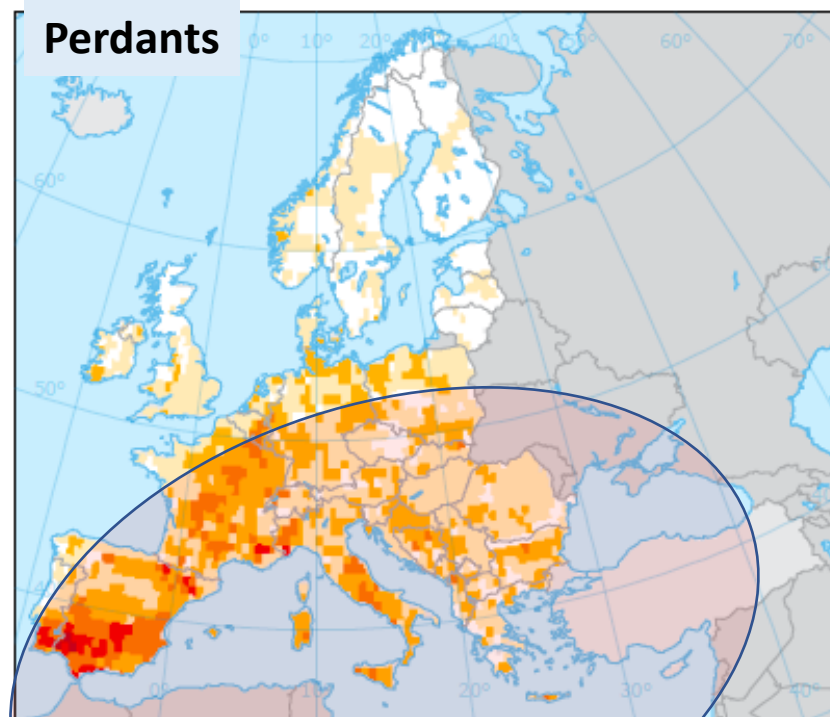
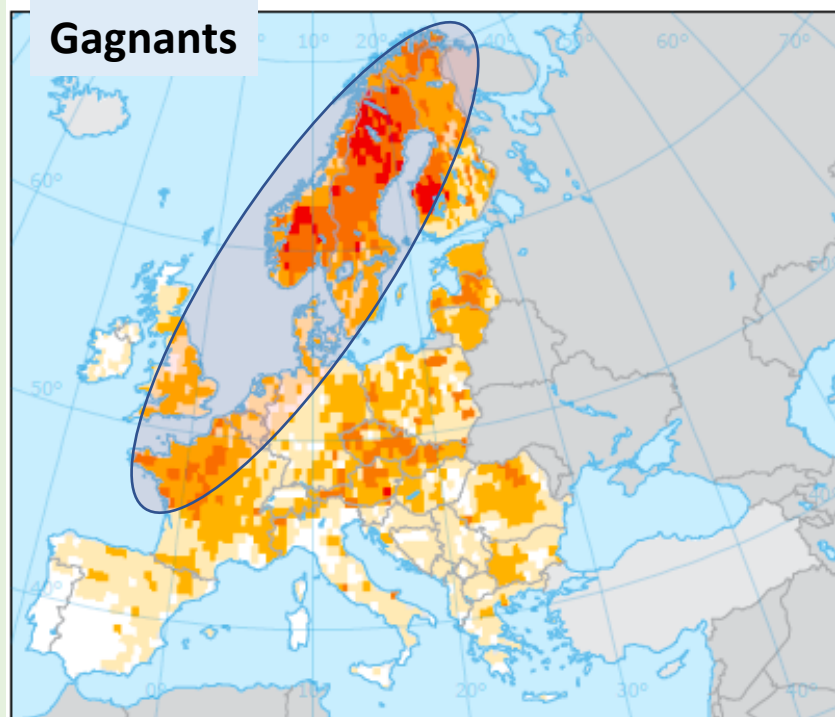
Outside coverage

Evolution des fréquences de sécheresse



Note: This map shows the projected change in the frequency of extreme meteorological droughts (number of months in a 30-year period where the SPI accumulated over six-month periods (the SPI-6) is below -2) between the baseline period 1971-2000 and future periods 2041-2070 (left) and 2071-2100 (right) for the RCP4.5 (top) and RCP8.5 (bottom) scenarios.

A l'échelle de l'Europe, la **Bretagne serait gagnante** avec la température annuelle augmentant de $+2^{\circ}\text{C}$
Si elle s'y prépare (mais pas le reste de la France et les pays méditerranéens !)



Multi-sectoral hotspots of climate change under a global warming of 2°C

Number of hotspots



0



1



2



3



4



5



No data



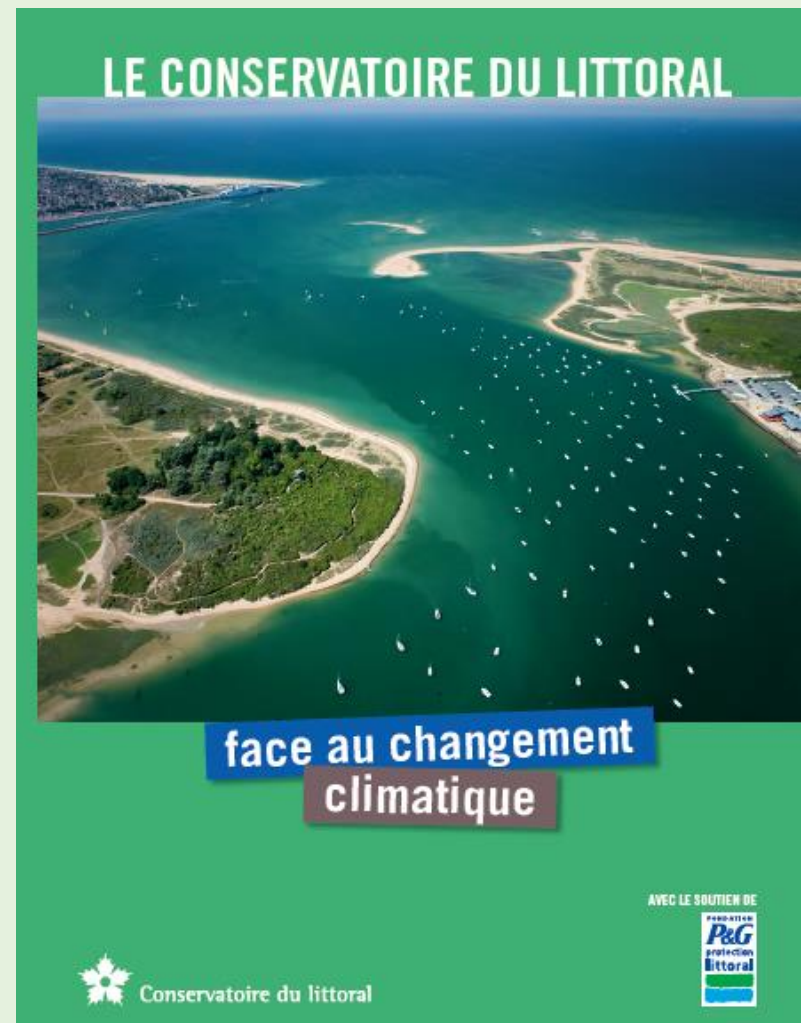
Outside coverage

0 500 1 000 1 500 km

Conclusion:

- **tout projet doit maintenant prendre en compte l'évolution climatique, et ses impacts sur les évènements extrêmes associés:**
- impacts directs: submersions, inondations, vents très forts, canicules...
- impacts indirectes :
 - choix économiques, coût et disponibilité de l'énergie et de l'eau, réglementation, assurances..
 - alimentation-agriculture, transports, qualité de vie, pollution, santé..
 - environnement, biosphère, paysages...

Une étude de référence, celle du Conservatoire du Littoral (2011)



TROIS SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION CLIMATIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE DES LITTORAUX

→ Résister

VARIABLE	HYPOTHÈSE RETENUE
Quelle sera l'évolution du climat à l'horizon 2050 ?	Élévation du niveau de la mer de 50 cm à l'horizon 2050. Élévation de la température moyenne et accentuation des contrastes saisonniers.
Quelle sera la sensibilité de l'opinion publique au changement climatique ?	Le trait de côte ne doit pas changer : non perception de l'ampleur du changement climatique.
Quelle évolution du périmètre d'intervention et des missions du Conservatoire du littoral ?	Le Conservatoire du littoral, là où il est présent, donne la priorité à la réduction de la vulnérabilité des territoires aux aléas climatiques.

→Subir

VARIABLE	HYPOTHÈSE RETENUE
Quelle sera l'évolution du climat à l'horizon 2050 ?	Accélération du changement et dérèglement : élévation du niveau de la mer de 1 m à l'horizon 2050 Forte augmentation des températures moyennes et variabilité climatique très forte. Scénario de réactions par rapport à une série d'urgences.
Quelle sera la sensibilité de l'opinion publique au changement climatique ?	Déni du public dans un premier temps, obligé de s'adapter par la suite au vu des impacts du changement climatique.
Quelle évolution du périmètre d'intervention et des missions du Conservatoire du littoral ?	Le Conservatoire est le seul acteur à avoir réellement anticipé les effets du changement climatique en investissant dans des terrains plus en recul.

→S'adapter

VARIABLE	HYPOTHÈSE RETENUE
Quelle sera l'évolution du climat à l'horizon 2050 ?	Élévation du niveau de la mer de 50 cm à l'horizon 2050. Élévation de la température moyenne et accentuation des contrastes saisonniers.
Quelle sera la sensibilité de l'opinion publique au changement climatique ?	Sensibilisation et acceptation des changements à la marge (résistance forte).
Quelle évolution du périmètre d'intervention et des missions du Conservatoire du littoral ?	Le Conservatoire du littoral est chargé de la coordination des politiques d'adaptation du littoral et de la mer, en relation avec l'ensemble des responsables des territoires concernés.

APPLICATION DES SCÉNARIOS À DES TERRITOIRES FICTIFS



Étang
de Nagule



Polder
Vanderpaul



Estuaire
du Stuart

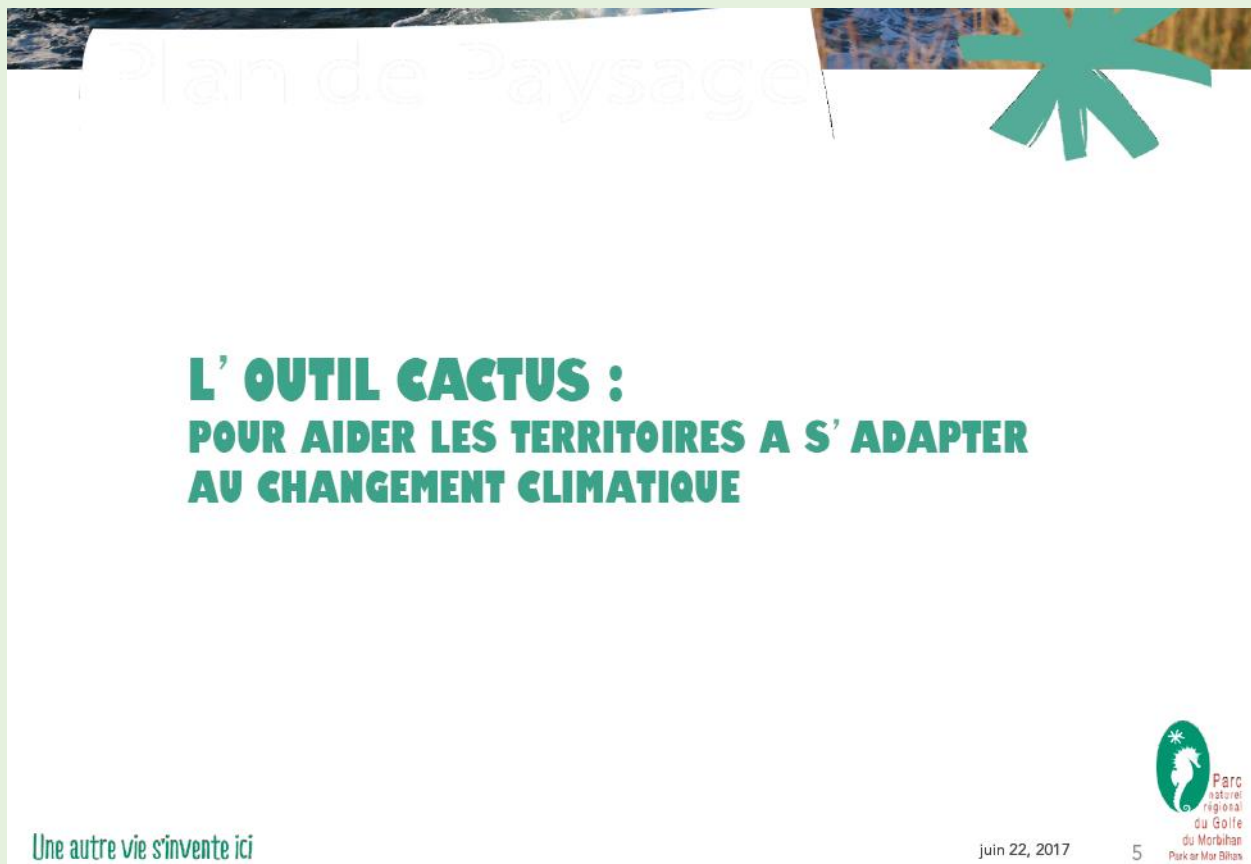


Falaise
de Gogervie



Étang
de Rimale

Un outil de planification, développé par le PNR Golfe du Morbihan



CACTUS, UN OUTIL POUR S'ADAPTER

PUBLICS VISES

Collectivités, agences de l'eau, aménageurs, bureaux d'études, citoyens...

OBJECTIFS

- Présenter les effets du CC
- Donner une vision d'ensemble
- Susciter le débat
- Comparer des choix et leurs implications
- Identifier les besoins (connaissances, méthodes, financement)
- Partager des expériences

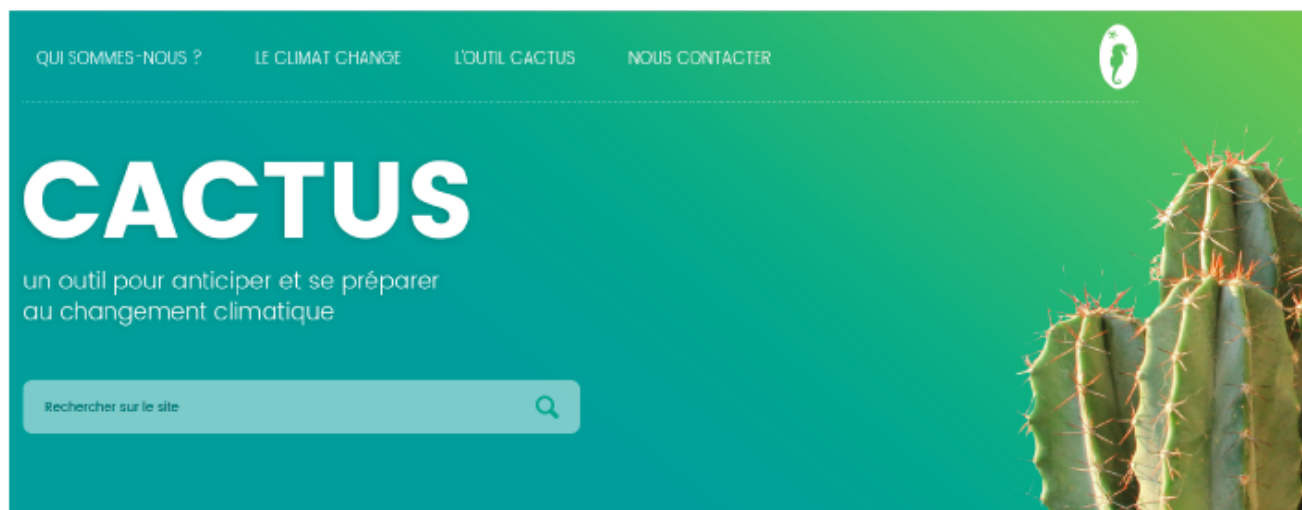
ECHELLES

Elaboration ou révision de SCOT / PCAET / PLU / PCS...

DEMARCHE

- Identification des fiches prioritaires
- Sélection des questions à approfondir
- Recherche d'expériences similaires





FICHES PRATIQUES OUTIL CACTUS

CACTUS est principalement destiné aux collectivités et aux élus qui souhaitent mener des actions pour s'adapter au changement climatique actuel et à venir.
Quels choix sont possibles ? Quelles sont leurs répercussions et leurs interdépendances avec d'autres enjeux ? CACTUS incite à se questionner sur les enjeux climatiques et sur les mesures d'adaptation envisageables pour diminuer notre vulnérabilité.



COMPRENDRE
L'OUTIL



CONSEILS
PRATIQUES



DÉCOUVRIR
LES FICHES



L'ESSENTIEL
DU CLIMAT



PARTAGEZ VOS
EXPÉRIENCES



DOCUMENTS
UTILES

LES FICHES CACTUS, AU COEUR DE L'OUTIL

- Aires de stationnement
- Aquaculture
- Axes de circulation
- Bases nautiques
- Bâtis agricoles
- Bâtis conchyliques
- Biodiversité
- Campings
- Chantiers navals et ports à sec
- Côtes rocheuses
- Eau
- Éducation et sensibilisation
- Élevages et cultures agricoles
- Énergies
- Espaces agricoles
- Espaces naturels en friche
- Espaces naturels protégés
- Espaces salicoles
- Espaces verts publics
- Forêts et zones boisées
- Gestion des déchets
- Grands aménagements
- Habitats denses
- Habitats diffus
- Hôtels et centres de thalassothérapie
- Industries
- Infrastructures de plein air
- Infrastructures portuaires
- Marais
- Montagne
- Nouvelles activités

- Patrimoine archéologique
- Patrimoine architectural
- Patrimoine maritime bâti
- Paysages
- Pêche
- Petit patrimoine
- Pistes cyclables et piétonnes
- Plages et dunes
- Pompes à carburant
- Qualité de l'air
- Réseaux d'assainissement
- Réseaux de câbles sous-marins
- Réseaux d'énergie et de communication
- Retenues d'eau douce
- Retrait et gonflement des argiles
- Risques côtiers
- Santé
- Sentiers côtiers
- Sols
- TIC (technologies de l'information et de la communication)
- Tourisme
- Transports
- Zones de mouillage et d'échouage
- Zones de navigation et balisage



AXES DE CIRCULATION

Les effets du changement climatique peuvent nécessiter de repenser le tracé des axes de circulation et leurs raccordements et interconnexions à terre et en mer sur le territoire.

EFFETS ATTENDUS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- Réchauffement de l'atmosphère
- Réchauffement des océans
- Modification des précipitations
- Intensification des tempêtes
- Fonte des glaces

CONSÉQUENCES POSSIBLES

- Sécheresse et canicules
- Érosion
- Inondation / submersion marine
- Dégâts matériels et humains

TÉLÉCHARGEMENTS

•

RETROUVEZ AUSSI

- [Transports](#)
- [Aires de stationnement](#)
- [Plates cyclables et piétonnes](#)
- [Pompes à carburants](#)
- [Habitats denses](#)
- [Habitats diffus](#)



QUELLES QUESTIONS SE POSER ?

Quels sont les axes de circulation vulnérables aux effets du changement climatique (chaleurs extrêmes, inondations, submersions marines, érosion, destruction des soubassements) ?

Quels sont les critères à prendre en compte pour identifier les axes de circulation sur lesquels une attention particulière doit être portée (proximité du trait de côte, topographie locale, flux de circulation, type de desserte, trafic voyageurs, trafic de fret, etc.) ?

Comment est assuré le suivi des infrastructures de protection existantes ? Qui est responsable de leur entretien ?

Faut-il défendre les axes de circulation (par un mur, une digue) ? Faut-il envisager un pont, un tunnel ?

Faut-il protéger les axes de circulation qui desservent des sites isolés pour en maintenir l'accessibilité ?

Les revêtements utilisés sont-ils adaptés aux chaleurs extrêmes ? Si non, des matériaux plus performants peuvent-ils être utilisés (ex. revêtements réfléchissant les infrarouges, bitumes à point de ramollissement à chaleur élevée 75°C, rails résistants à plus de 80°C) ?

Si des chaussées submersibles sont maintenues, comment faut-il les entretenir (utilisation de matériaux résistants à l'eau de mer) ?

Est-il possible de mettre en place un système de fermeture ponctuelle des axes de circulation lors des événements à risque ? Dans ce cas, quel système de prévention et d'alerte faut-il mettre en place (signalisation harmonisée entre les communes : feux clignotants, etc.) ?

Existe-t-il des itinéraires de délestage pour les routes ?

Au vu des risques, faut-il supprimer certaines routes ? Si oui, comment organiser leur déconstruction ? Faut-il en prévoir de nouvelles ? Le cas échéant, faut-il anticiper l'acquisition du foncier, revoir le plan global de circulation, prévoir la mise en place de nouveaux modes de transports collectifs (ex : transports maritimes alternatifs aux transports routiers) ?

Comment anticiper l'acceptabilité sociale du risque et des modifications qui y sont liées (perte d'accessibilité, nouvelles voies d'accès, etc.) ?



*ENSEMBLE,
RELEVONS LE DÉFI !*

ATTENUER ET S'ADAPTER

<http://climactions-bretagnesud.bzh>

ldlabeyrie@gmail.com