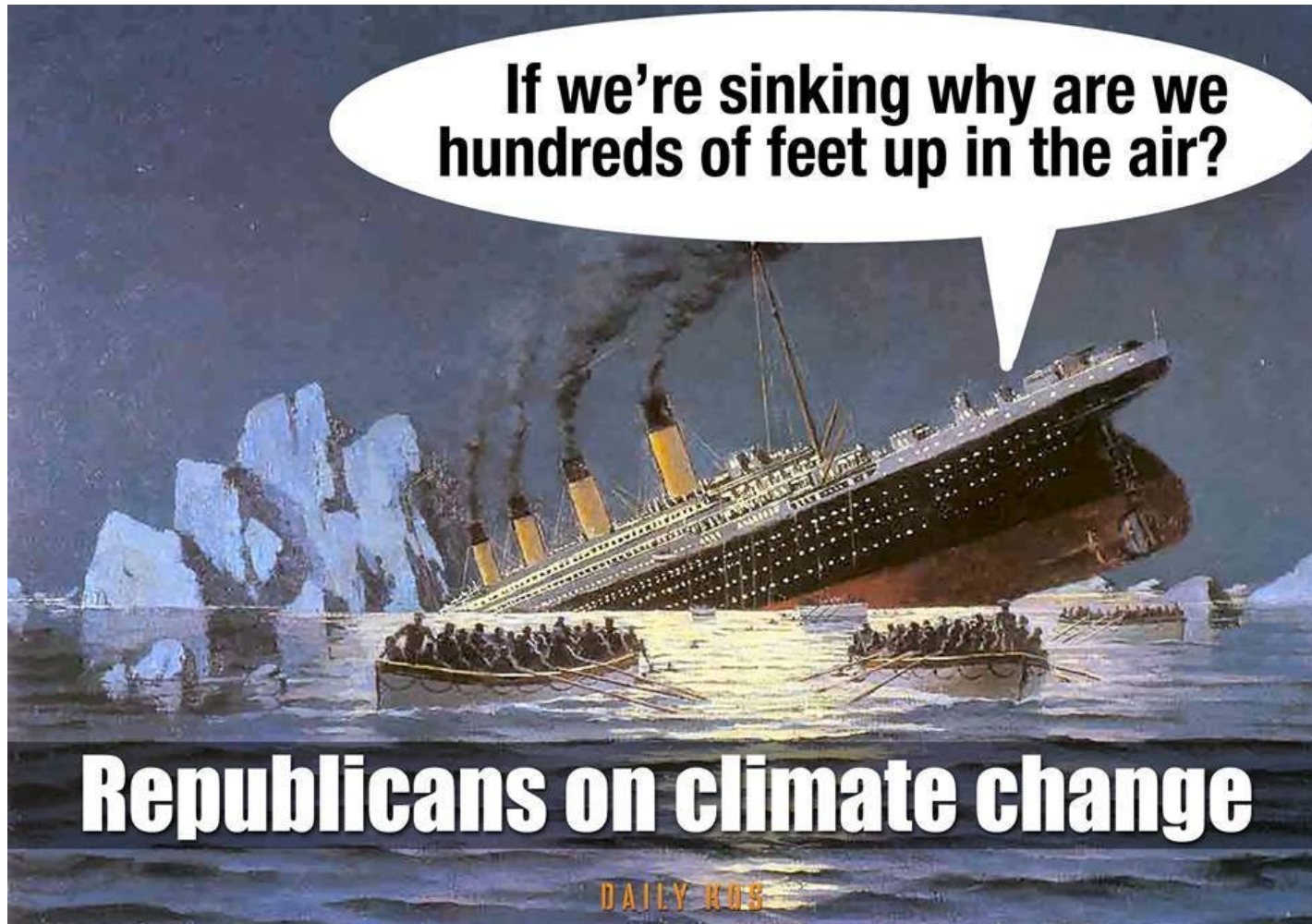


Le Climat, une affaire complexe



Musée de la Mer – 09 mars 2016

Jacques Piacentino

Plan de la présentation

Fonctionnement de l'atmosphère – l'Effet de Serre

Pourquoi le climat est-il complexe ?

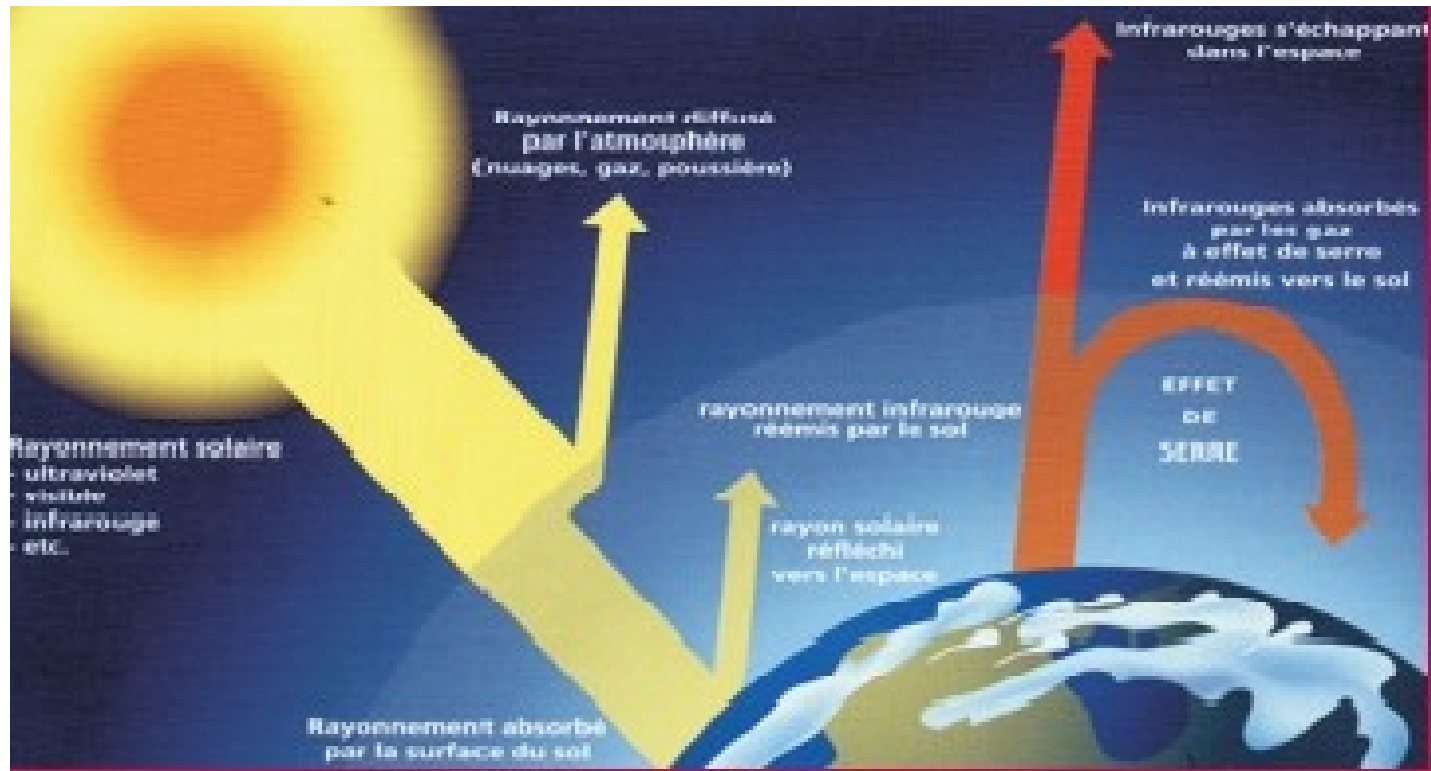
Les changements observés

Quel avenir pour notre futur ?

La COP 21

Conclusion

Fonctionnement simplifié de l'atmosphère



Répartition du rayonnement solaire :

- 30% réfléchi par l'atmosphère et le sol
- 20% absorbé par l'atmosphère
- 50% absorbé par la surface terrestre

L'effet de serre (ES)

Les 2 GES les plus importants :

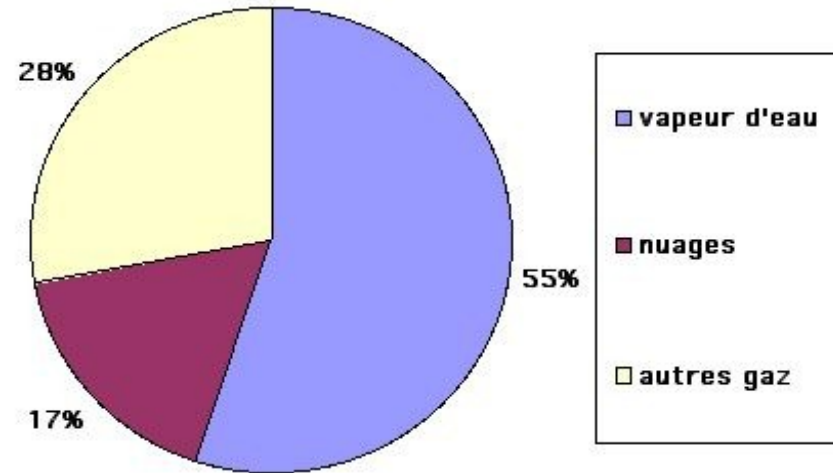
- La vapeur d'eau
- Le CO²

Si l'ES n'existait pas: - 18°C vs +15°C

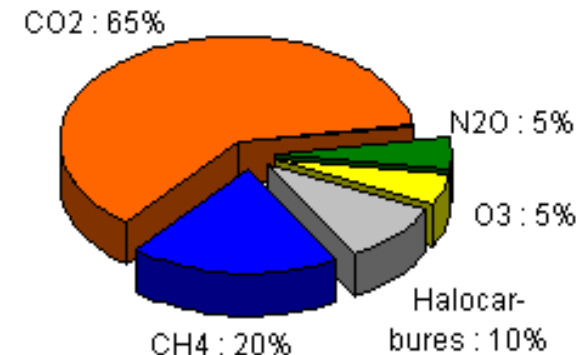
L'ES est bénéfique c'est sa modification par l'homme qui est dangereuse

- * CH₄: 23 fois plus réchauffant que CO₂
- * N₂O: 296 fois plus réchauffant que CO₂

Avec les GES, c'est comme si l'homme avait augmenté la puissance du soleil de 1%



Contribution à l'effet de serre anthropique des différents gaz présents dans l'atmosphère



Pourquoi le climat est-il complexe ?

Le climat, machine systémique, est conditionné par de nombreuses variables* :



- **Le soleil** → quantité d'énergie variable injectée dans la machine climatique
- **Les paramètres astronomiques** de la Terre → Quantité variable saisonnière d'énergie solaire
- **La composition de l'atmosphère** → Effet de serre
- **Les volcans** → aérosols envoyés dans l'atmosphère → refroidissement

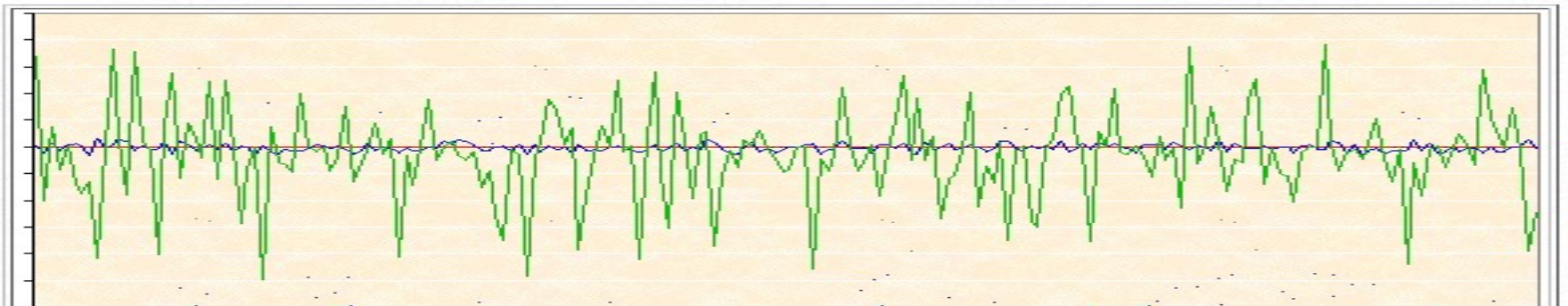
*Le GIEC a retenu 50 variables

Pourquoi le climat est-il complexe ?

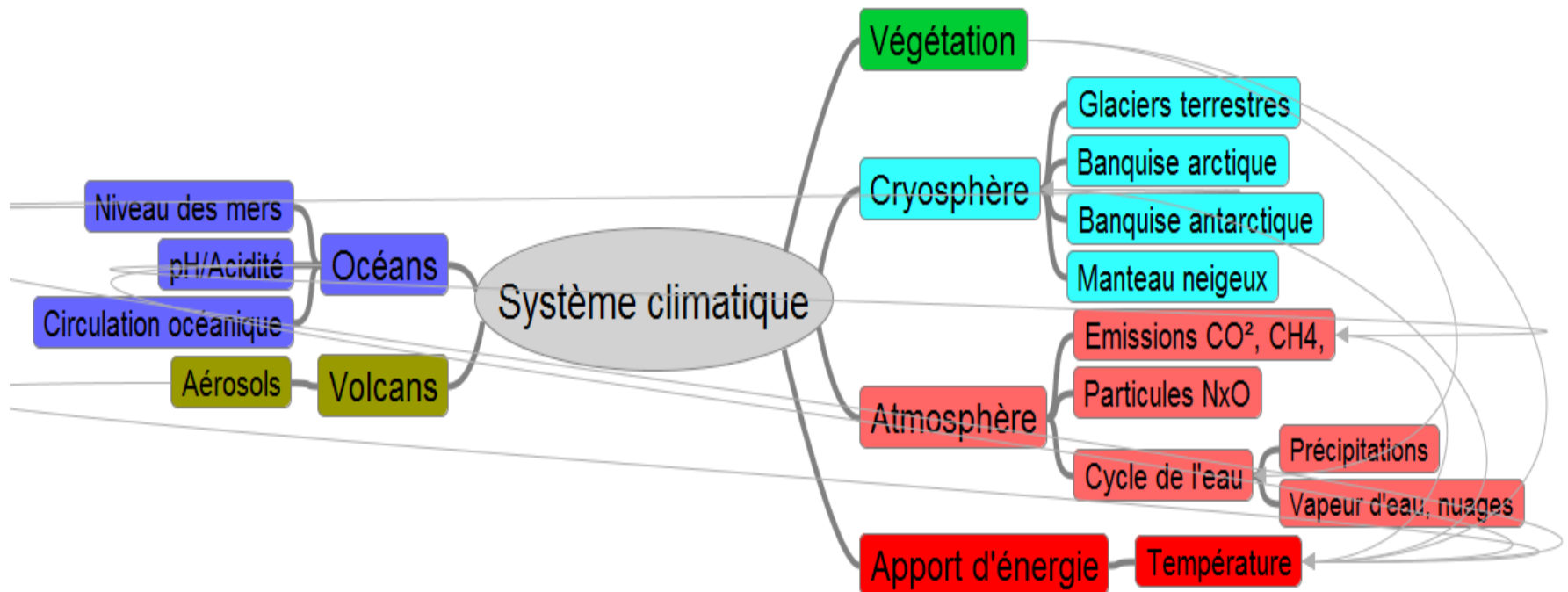
- **Les océans** → amortissent, avec l'atmosphère, les écarts de T° entre jour/nuit, été/hiver
- **Les glaces polaires :**
 - Leur étendue → pouvoir réfléchissant de la terre (albédo)
 - Leur volume → hauteur des océans
- **La végétation :**
 - Conditionne le cycle de l'eau (arbre = machine à évaporer)
 - Conditionne l'albédo de la surface (albédo champs > albédo forêt)
-
- **L'homme** : modifie les paramètres de l'atmosphère

Pourquoi le climat est-il complexe ?

- **Variabilité** : les paramètres du climat ont une grande variabilité
- **La machine climatique a un caractère systémique** :
 - Les paramètres sont multiples (agents)
 - Ils sont interdépendants (liaisons)
 - Ils sont en interaction (boucles de rétro-actions); ex : albédo
- Réchauffement → fonte banquise → diminution albédo → réchauffement



Systémique de la machine climatique



Boucles de rétroaction :

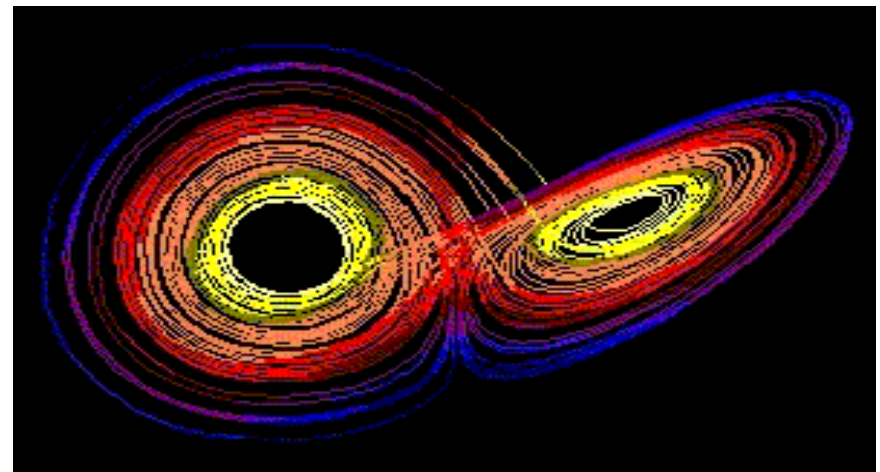
- Positive : Température ↔ Cryosphère (Albédo)
- Positive : Température → Vapeur d'eau → ES → Température
- Négative : Température → cycle de l'eau → végétation → CO² → Température

Pourquoi le climat est-il complexe ?

- **Points de bascule ou Tipping point:**
Seuils où plus aucun retour en arrière n'est possible une fois qu'ils ont été franchis.
 - **Fonte de 2 glaciers du Groenland → montée des eaux 26/98cm**
- **Le climat est un système chaotique :**
 - Grande sensibilité aux conditions initiales
 - Forte récurrence

Effet papillon :

« Prédicibilité d'Edward Lorenz : le battement d'ailes d'un papillon au Brésil peut-il provoquer une tornade au Texas ? »



Synthèse du 5ème Rapport d'évaluation du GIEC* à l'attention des décideurs

Bases du rapport :

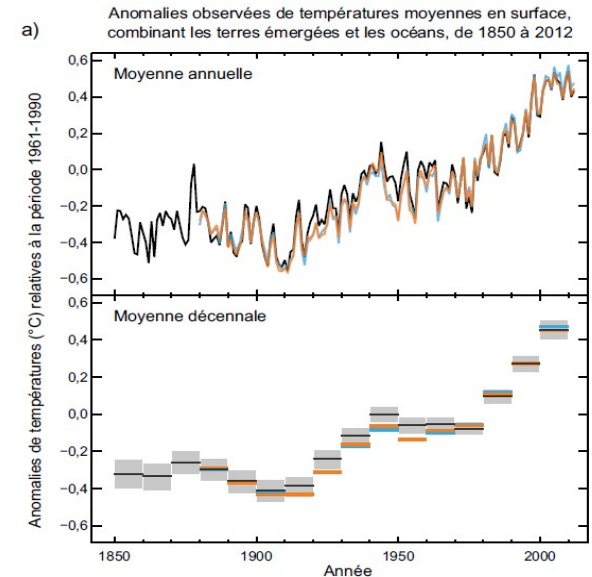
- Analyses scientifiques indépendantes d'observations du Système Climatique
- Archives paléo climatiques
- Études théoriques des processus climatiques
- Simulations à l'aide de modèles climatiques (# 20 modèles)
- 9 200 études réalisées par 800 chercheurs



* GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Les changements observés

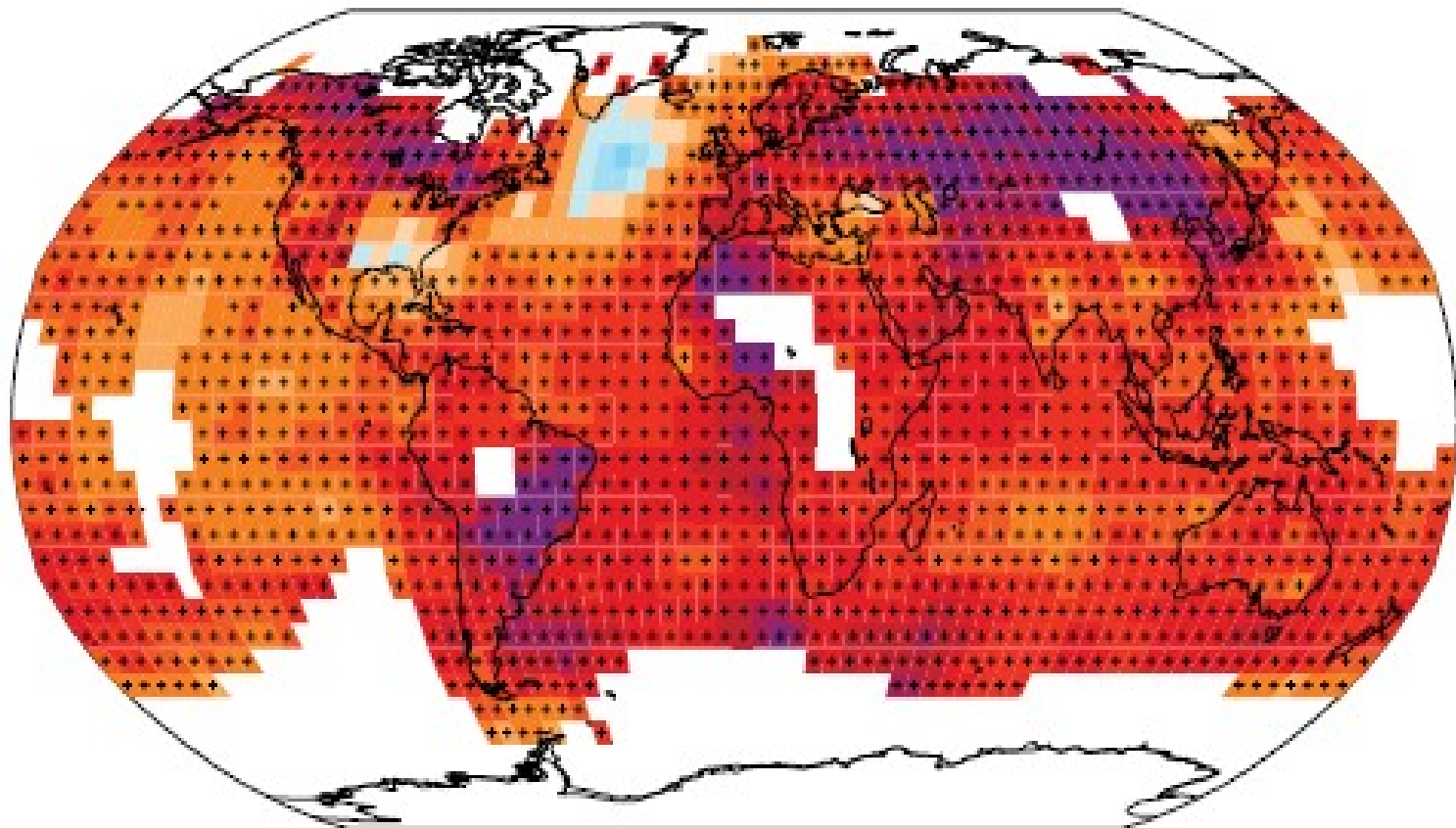
- La Température a augmenté de **0.85°** (1880-2012) + **1°** à fin 2015
- L'océan s'est réchauffé de **0.33°** (75 mètres)
- Les glaciers terrestres ont perdu **275 GT/an** (1993-2009)
- La banquise arctique a diminué de **12 %** en 30 ans
- Le pergélisol s'est réchauffé de **3°** (1980-2000)



L'année 2015 sera la plus chaude jamais enregistrée depuis 1880

L'atmosphère

Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012

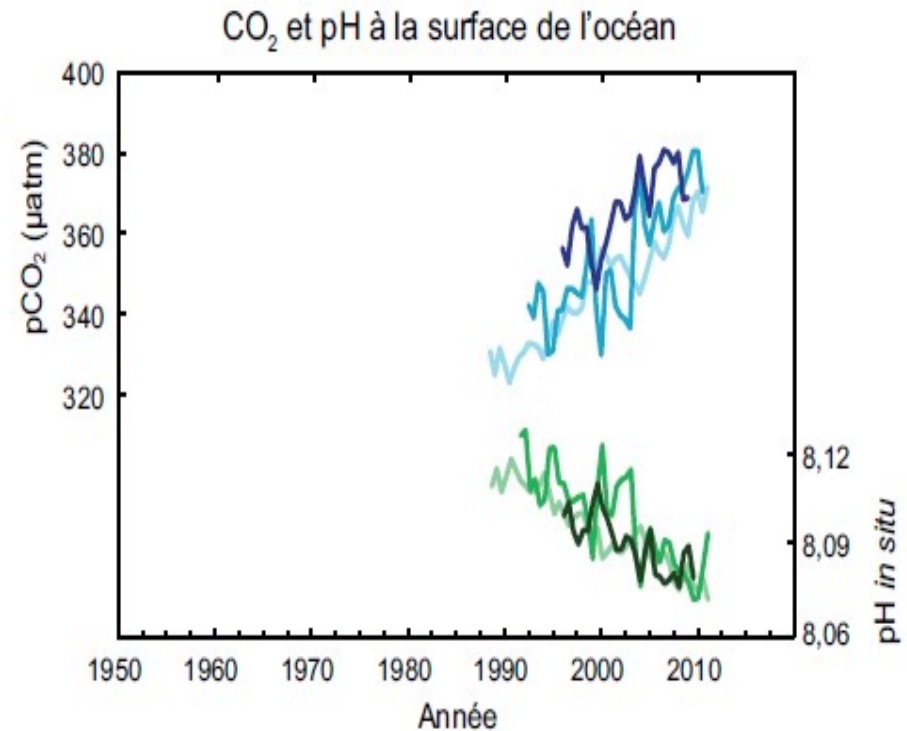
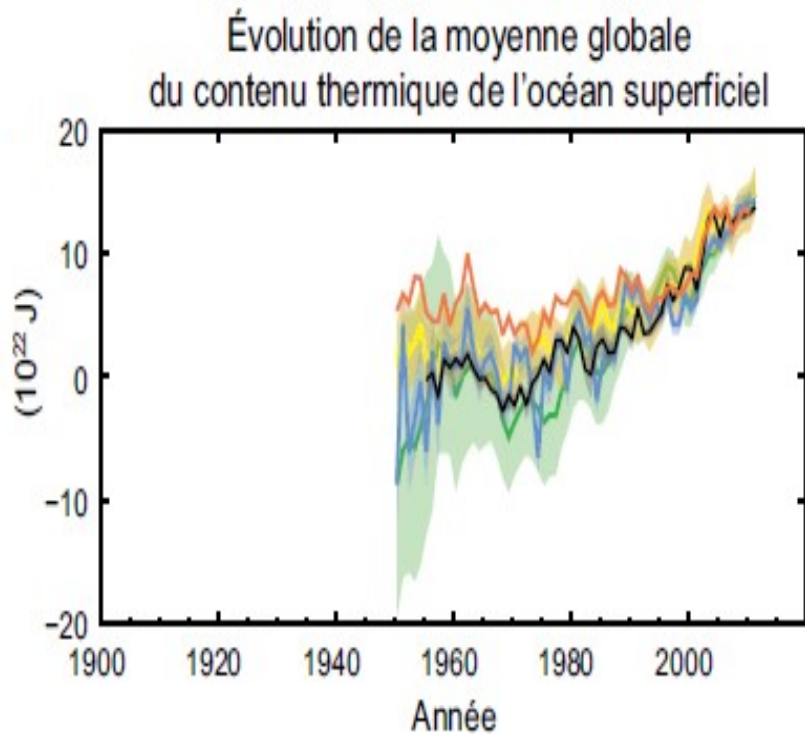


L'océan – un service écosystémique gratuit

- Absorbe plus de **25 %** du CO² émis et **93 %** de l'excès de chaleur anthropique
- Émet **50 %** de l'O² que nous respirons
- Période 1971-2010 :
Réchauffement de **0,33°** (75 premiers mètres)
- Pas d'éléments d'observations montrant une modification de la circulation océanique)



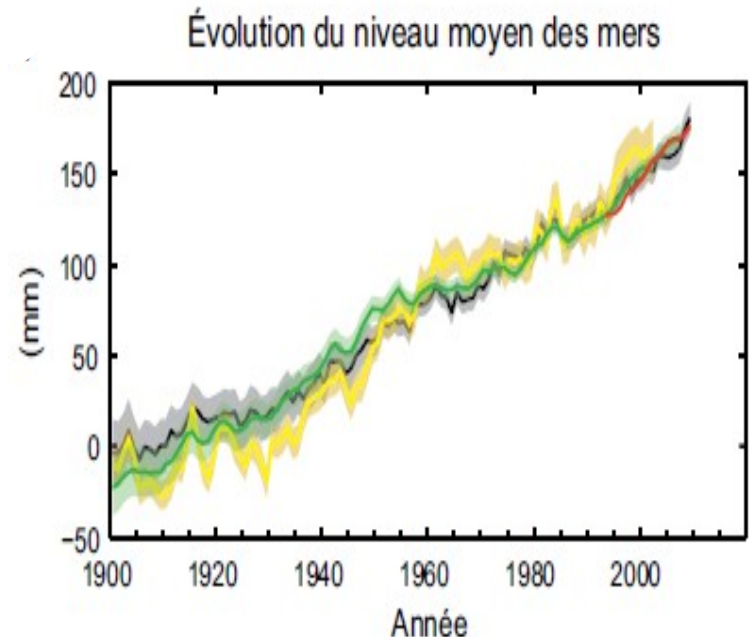
L'océan (suite)



Diminution du pH = augmentation de l'acidité → menace pour la biodiversité

Le niveau des mers

- **Accélération de la vitesse d'élévation**
(# 23 cm depuis 1900) :
 - 1901 – 2010 : 1,7 mm/an
 - 1971 – 2010 : 2 mm/an
 - 1993 – 2010 : 3,2 mm/an
- **La fonte des glaciers + l'expansion thermique** responsables de 75 % de l'élévation du niveau des mers :
- **En Camargue la côte recule de 4 mètres/an depuis 1/2 siècle**
- **Au Bangladesh, l'érosion des côtes déplace 500 000 personnes chaque année**



Le cycle du carbone

- **Les concentrations de GES ont toutes fortement augmentées depuis 1750 :**

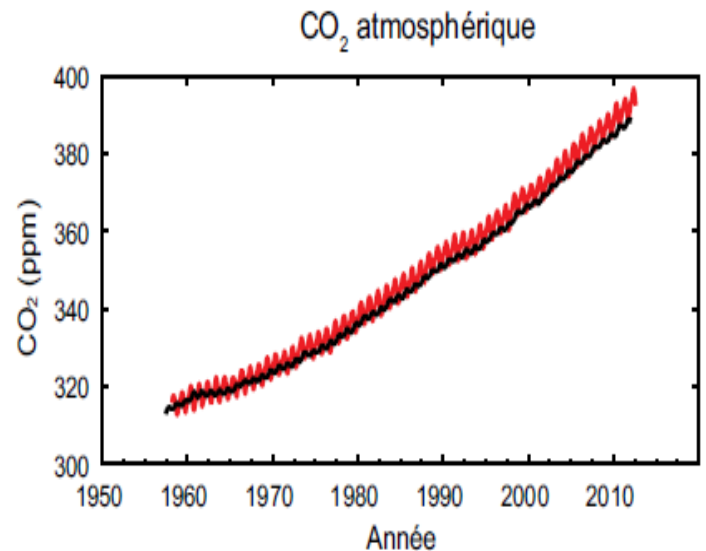
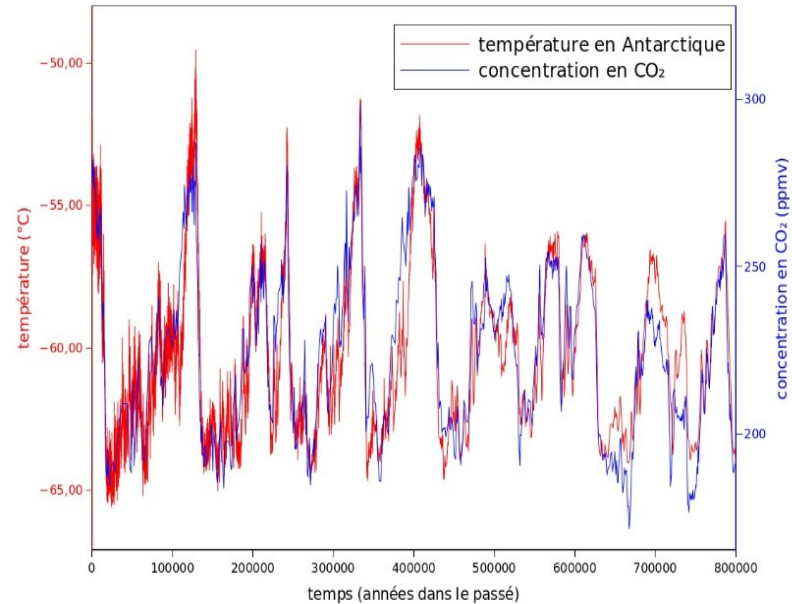
- **CO² : + 40 % (391ppm en 2011)**
+54 % sur 2002 -2011 vs 1990

Probable 400 ppm en 2016

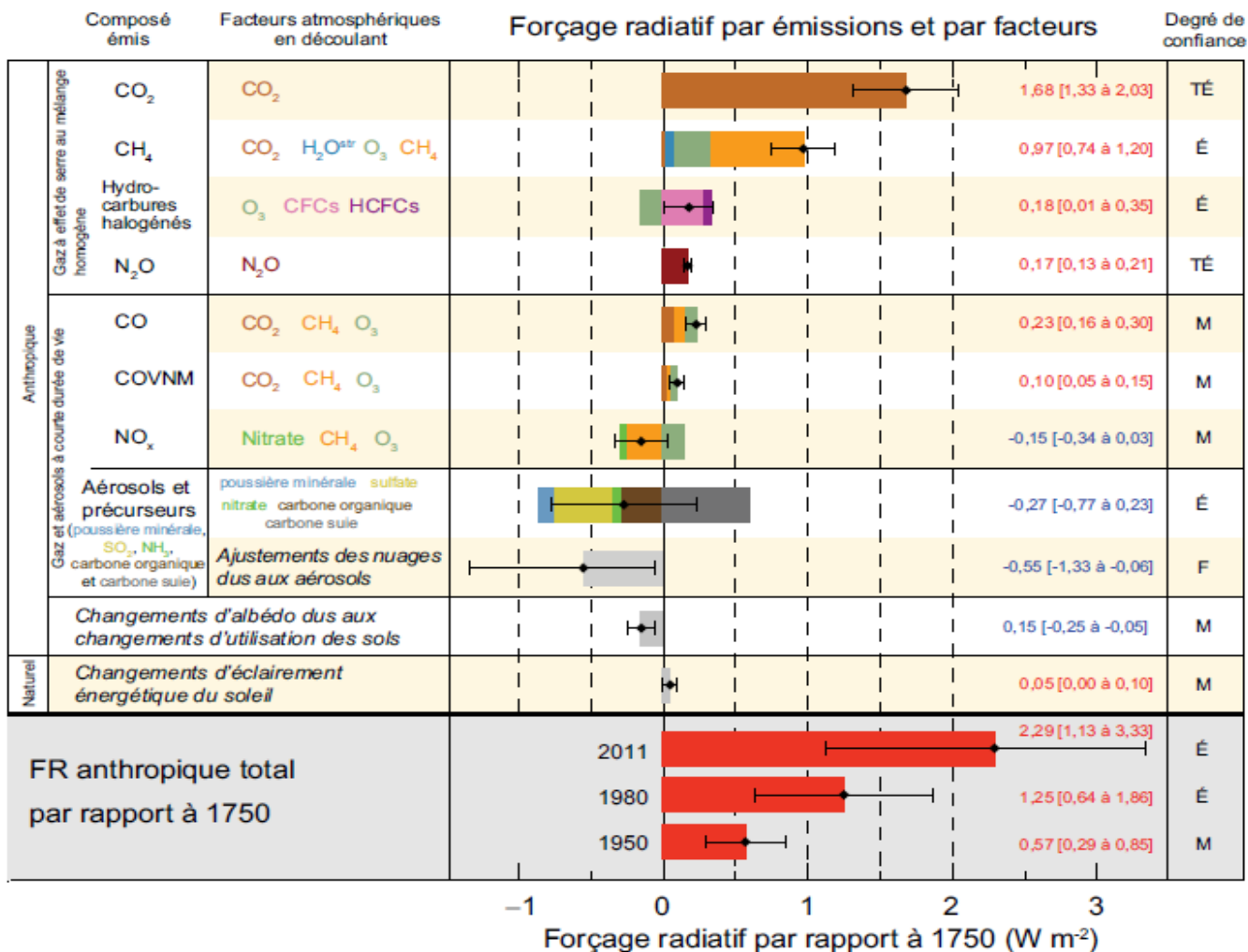
- **CH₄ : + 150 %**
- **N₂O : + 20 %**

La déforestation est responsable de 20 % des émissions

90 Entreprises sont responsables de 63 % des émissions



Contribution des facteurs du changement climatique



Quantités d'énergie des facteurs anthropiques et naturels

Quel avenir pour notre futur?

→ Les modèles climatiques

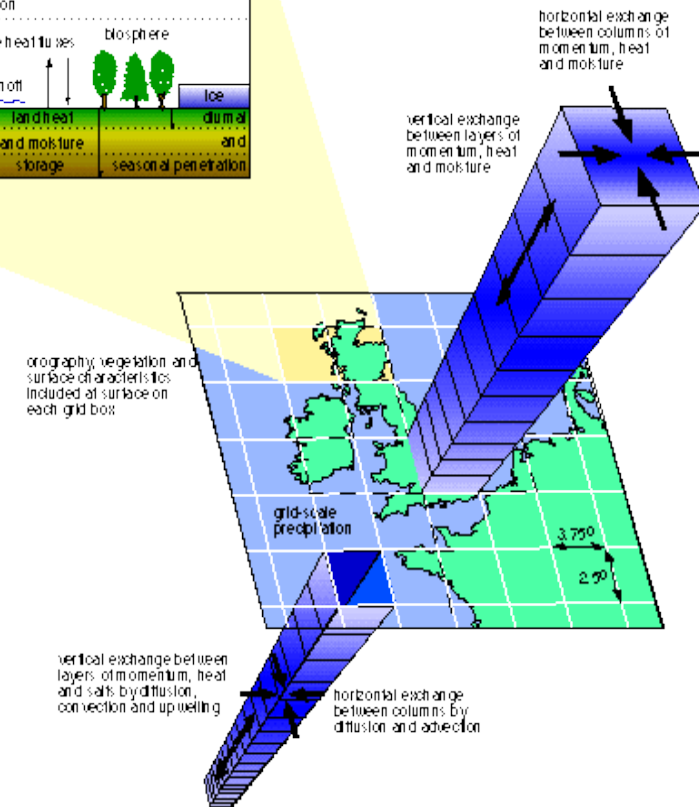
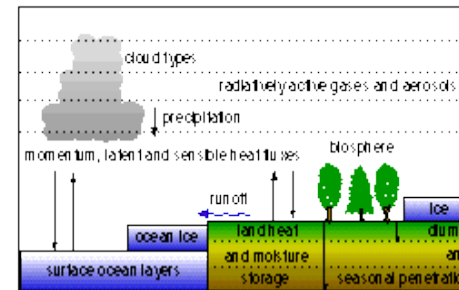
Les prévisions sont difficiles, surtout lorsqu'elles concernent l'avenir. Pierre Desproges

- **Logiciels très complexes** ; reproduire aussi fidèlement que possible le climat terrestre
- **Construction du programme :**
 - Sélection par chaque spécialiste (océanologue,.glaciologue..) des paramètres qui caractérisent le système
 - Expression des relations d'un compartiment à un autre par les lois/équations de la physique)
 - Traduction de ces relations en lignes de code informatique (modélisation - 10 Giga données)

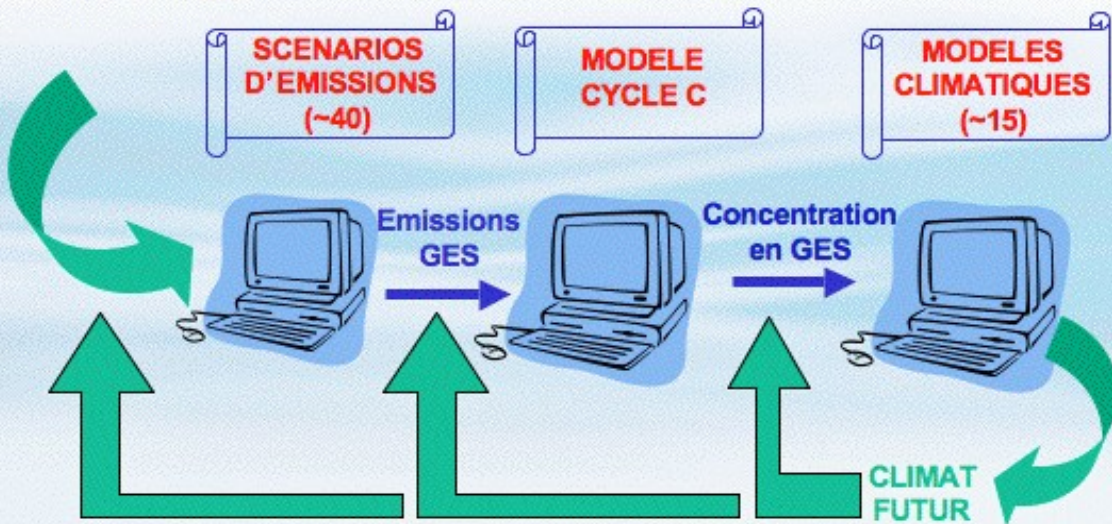
Les modèles climatiques (suite 1)

Maillage 3D

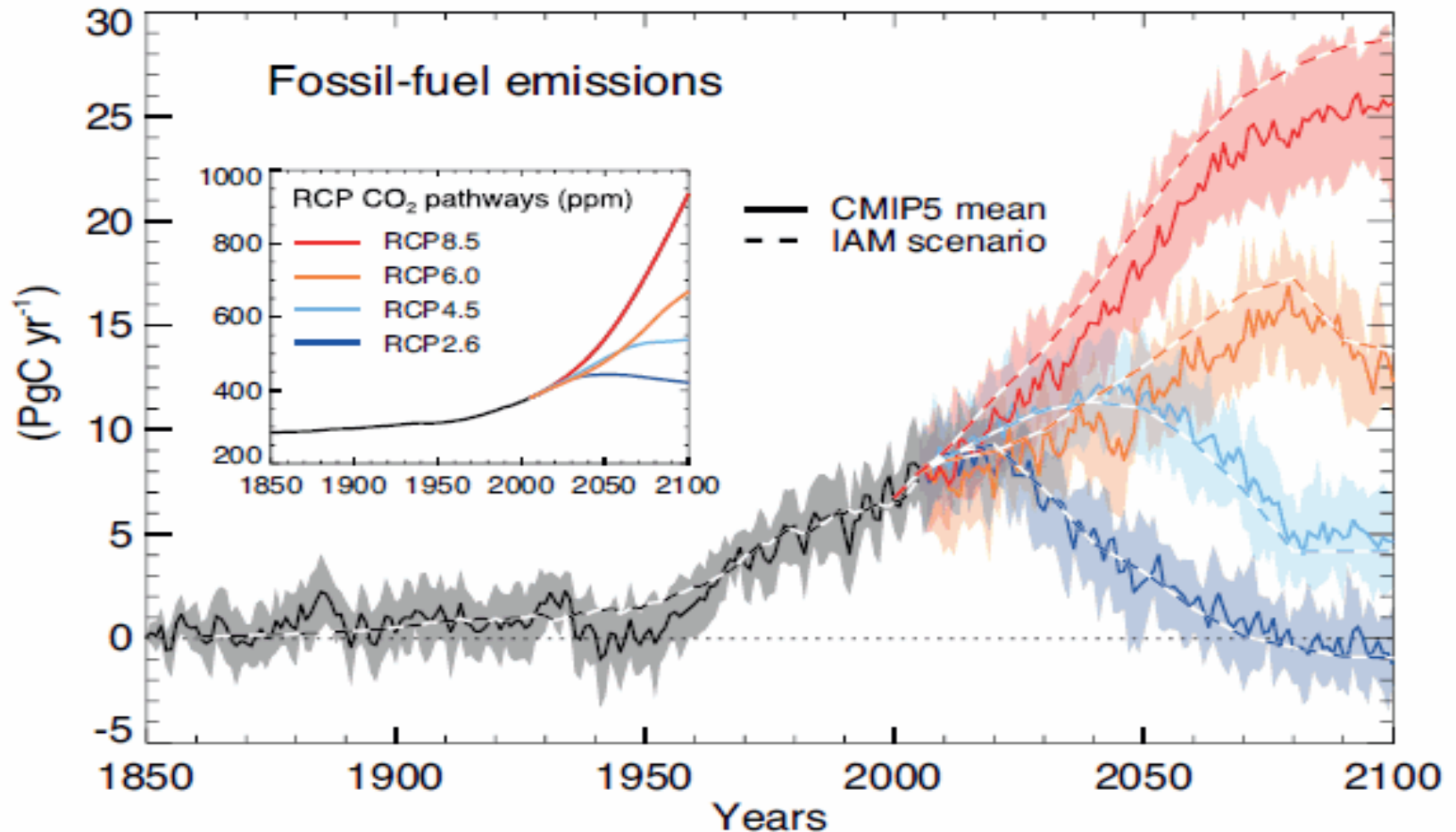
- (x, y) : 50kms < maille < 1000kms, 10kms pour les océans
- (z) : quelques dizaines de niveaux
- Pour chaque « boîte » conditions de départ



HYPOTHESES ECONOMIQUES ET DEMOGRAPHIQUES



Les modèles climatiques : les scénarios d'émissions



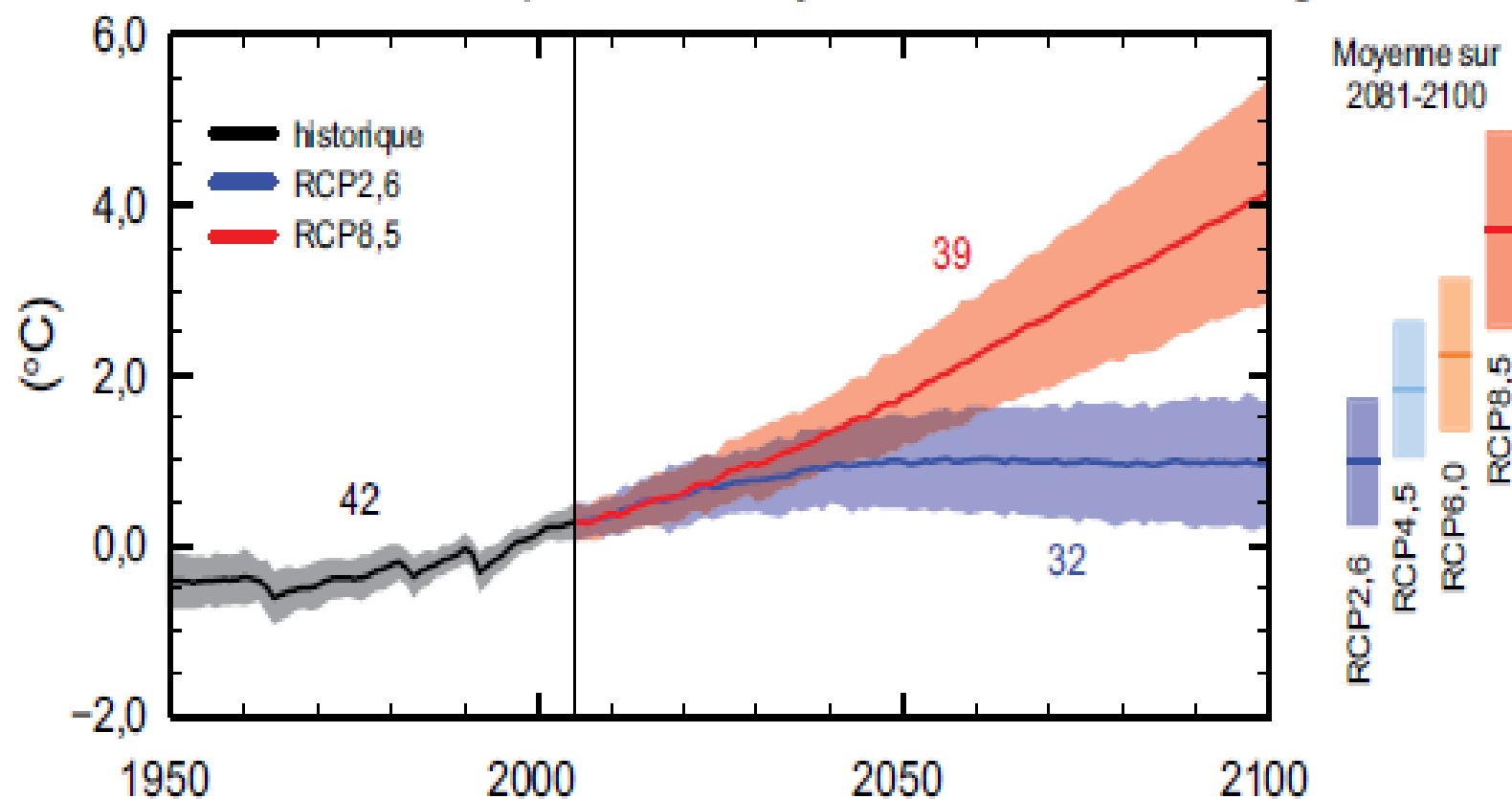
Complexité de l'appréciation

- **Éléments disponibles** : limités, moyens, robustes
- **Degré de cohérence** (données, compréhension d'un mécanisme, théorie, modèles, avis d'experts) : faible, moyen, élevé
- **Degré de confiance** : très faible, faible, moyen, élevé, très élevé
- **Probabilité évaluée d'un résultat** :
 - de quasiment certain : 99 – 100 %
 - à exceptionnellement improbable : 0 – 1 %
 - en passant par aussi probable qu'improbable : 33 – 66 %

Changements climatiques à venir : température

- 2100 vs 1850 : $1,5^{\circ} < T^{\circ} < 4^{\circ}\text{C}$ - trajectoire actuelle = 3°

Évolution de la température moyenne à la surface du globe

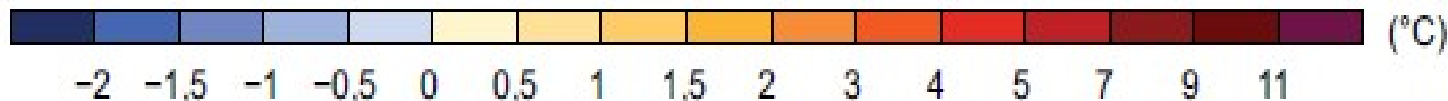
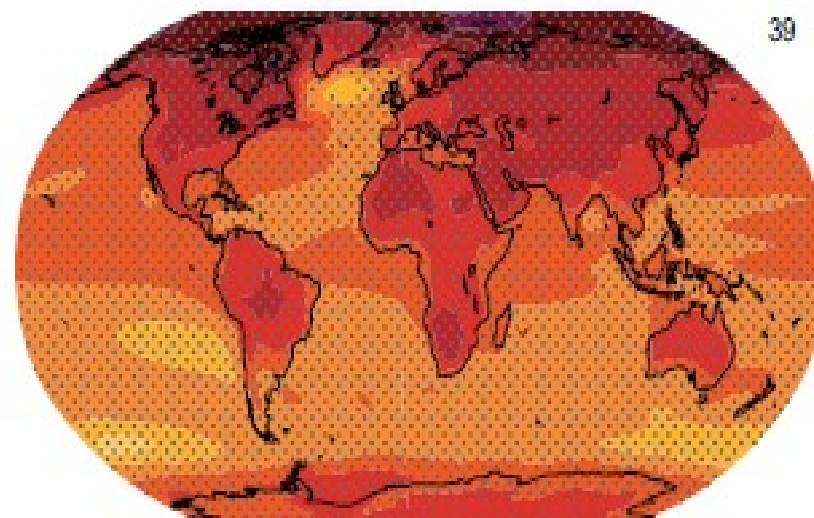


Changements climatiques à venir - L'atmosphère : température

RCP 2,6

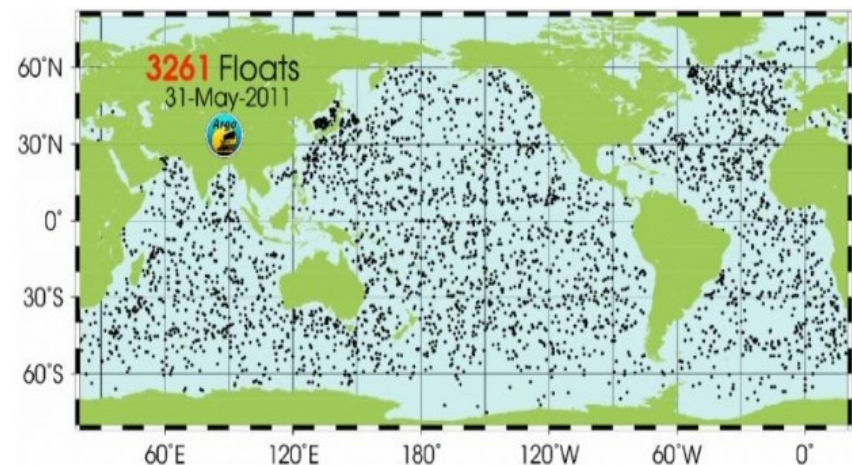
RCP 8,5

Évolution de la température moyenne en surface (entre 1986-2005 et 2081-2100)



Changements climatiques à venir – L'océan

- Jusqu'à 100m : $0,6^{\circ} < T < 2^{\circ}$
- Environ 1000m : $0,3^{\circ} < T < 0,6^{\circ}$
- La circulation méridienne de l'Atlantique va s'affaiblir au cours du 21ème siècle
Déclin de 11° à 54%
f(scénario) à partir de 2050
- Mesures
Jason 2 : Altimétrie satellitaire – Topographie et courants
Argo : Mesures T° et salinité /10 jours
3500 flotteurs autonomes



Changements climatiques à venir - La cryosphère



- **La banquise :**
 - En septembre : 43% < diminution < 94 %
 - En février : 8 % < diminution < 34 %
 - **En septembre 2050 : probabilité d'un océan Arctique « presque sans glace »***
- **Antarctique :** diminution en étendue et en volume
- **Glaciers :** 15 % < diminution volume < 85 %
- **Manteau neigeux :** 7 % < dim. Surface <25 %
- **Pergélisol :** 37 % < diminution étendue < 81 % (3,5m de profondeur)

Changements climatiques à venir – Le niveau des mers

- Période 2081 – 2100
vs 1986 – 2005 :

0,26 cm < élévation < 0,82 cm

- Causes :

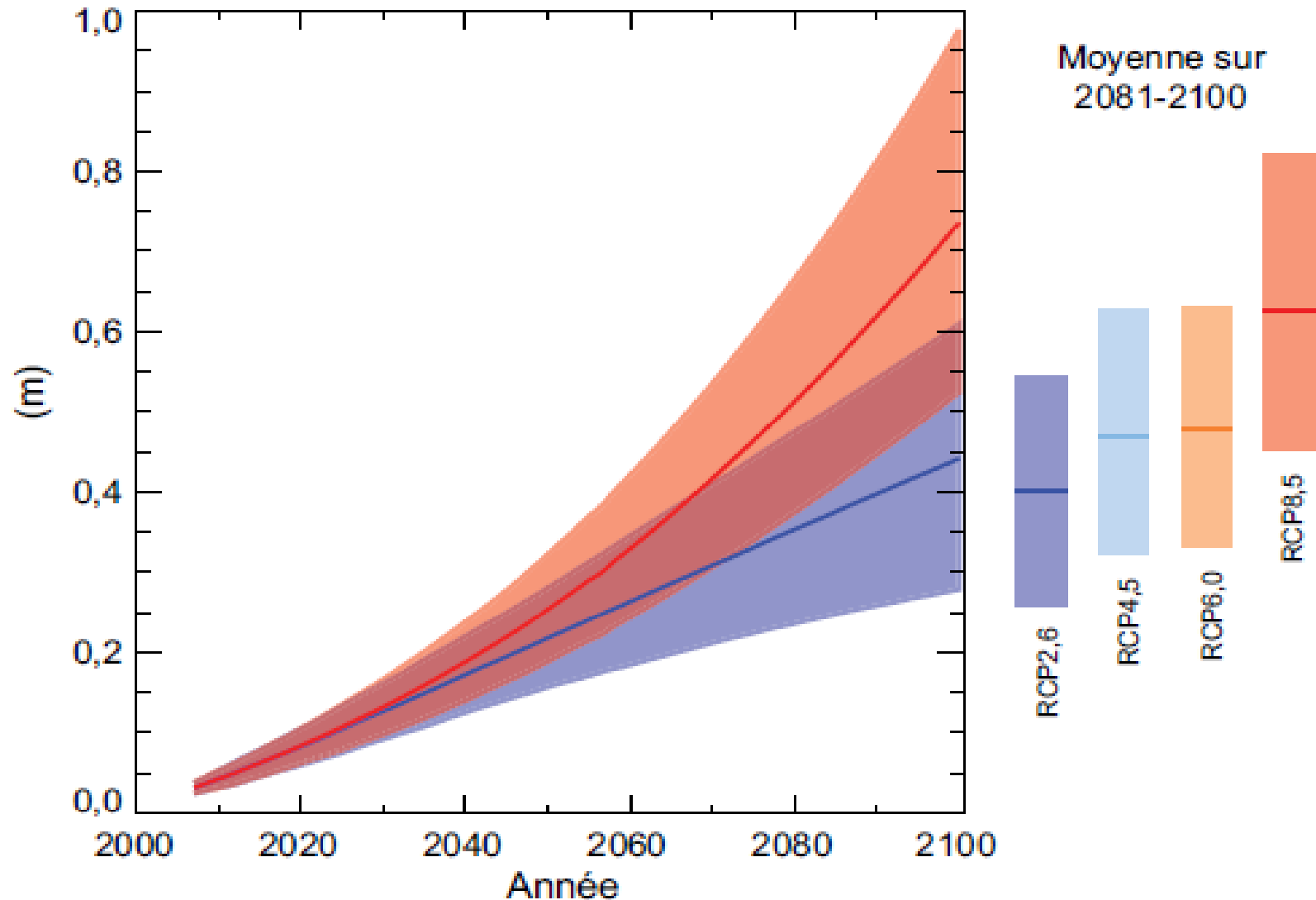
- Dilatation : 30 à 55 %
- Fonte des glaciers : 15 à 35 %

**70 % des littéraux du Monde vont
être concernés
2/3 de la population mondiale**



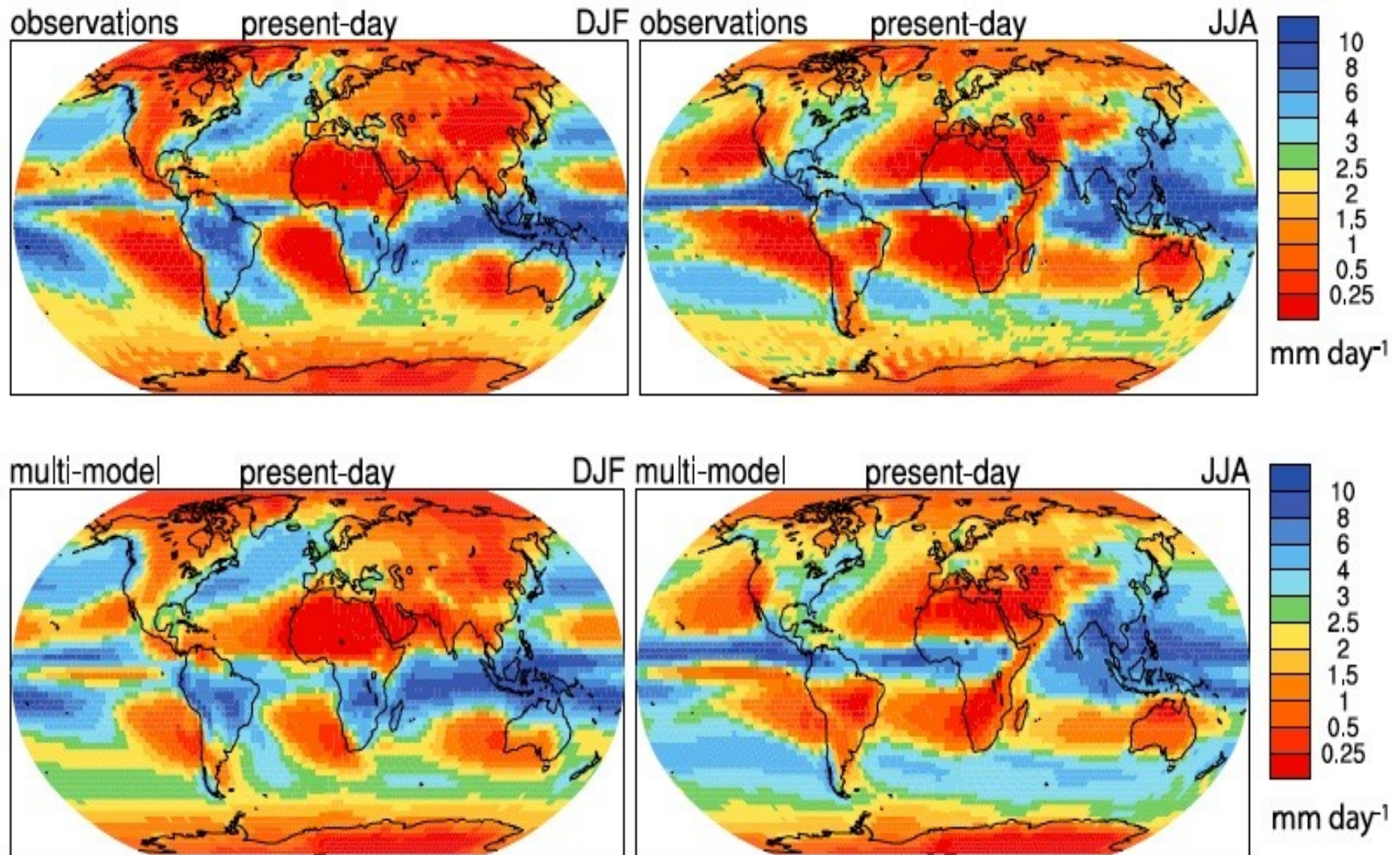
Changements climatiques à venir - Le niveau des mers

Élévation du niveau moyen des mers à l'échelle du globe

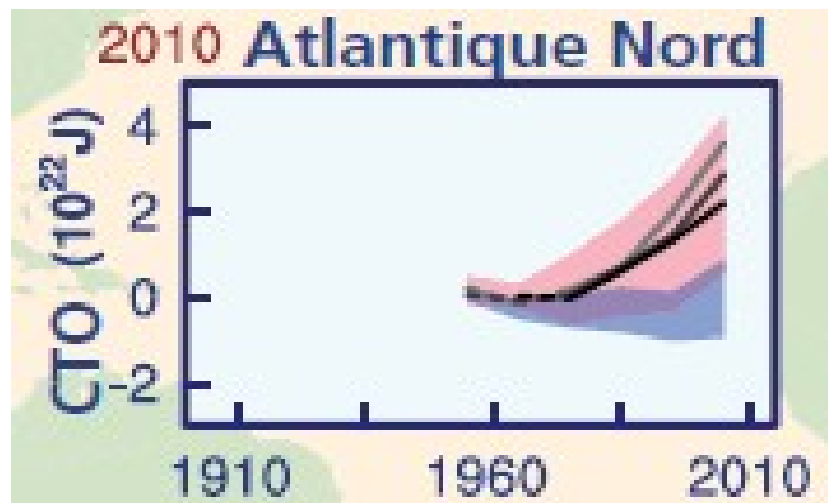
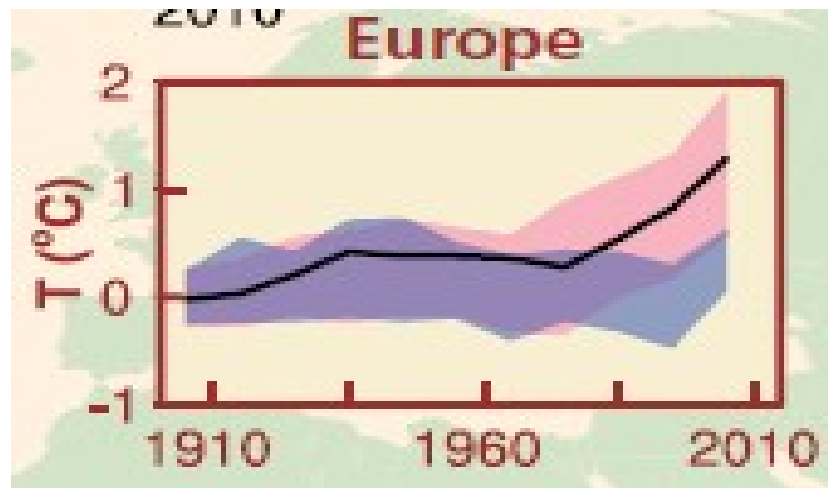


Peut-on faire confiance aux modèles ?

Cartographie des précipitations



Influence des activités humaines



≡ Observations



Modèles n'utilisant que les forçages naturels

Modèles utilisant les forçages naturels et anthropiques

Positive proof of global warming.



**18th
Century**

1900

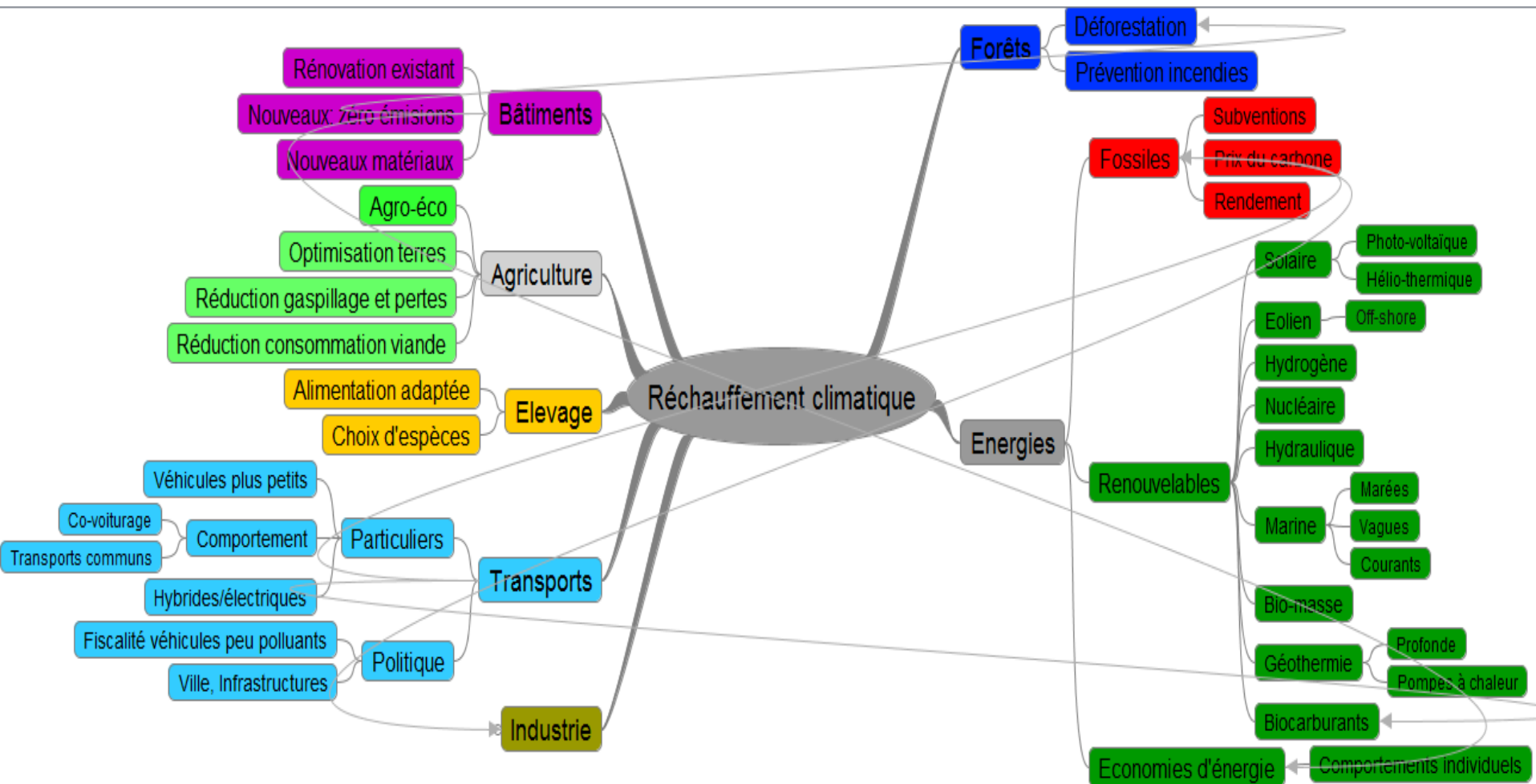
1950

1970

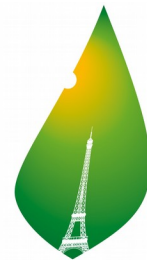
1980

1990

La lutte contre le réchauffement climatique : encore une affaire complexe



COP 21- le futur a changé de direction



COP21 • CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

- **Premier accord universel sur le Climat**

95 % des émissions mondiales concernées

- **Objectif 2 % voire 1.5 %**
 - Réduire de 40 % à 70 % les GES d'ici 2050 (1.5 % → 70/95 %)
- **RDV tous les 5 ans (2018)**
- **100 Mds/an plancher avant 2020**
 - Pays développés + émergents → Pays en développement
- **Accord contraignant** : plus politique que juridique
 - Contrôle par les pairs (2 satellites français pour la mesure CO² et CH₄)

- **La somme des contributions de réduction donnent une trajectoire de 3°**
- **Pas de prix du carbone fixé**
- **Pas de réduction des subventions aux énergies fossiles (600Mds/an – 5300Mds avec coûts indirects)**
- **Pas de date pour le pic des émissions**
- **Seuls certains pays ont précisé leurs contributions aux 100 Mds**

Et nous, que pouvons-nous faire ?

La légende du Colibri

Un jour, dit la légende, il y eut un immense incendie de forêt. Tous les animaux terrifiés, atterrés, observaient impuissants le désastre. Seul le petit colibri s'activait, allant chercher quelques gouttes avec son bec pour les jeter sur le feu. Après un moment, le tatou, agacé par cette agitation dérisoire, lui dit : « Colibri ! Tu n'es pas fou ? Ce n'est pas avec ces gouttes d'eau que tu vas éteindre le feu ! »

Et le colibri lui répondit : « Je le sais, mais je fais ma part. »



Les 10 gestes que nous pouvons faire (cf. annexe 3)

***On ne se débarrasse pas d'une habitude en la jetant par la fenêtre,
il faut lui faire descendre les escaliers marche par marche.***

Mark Twain

Conclusion

- 2015 : 1ère année de baisse des émissions
- Des milliers de cerveau phosphorent,
- Des milliards de \$ sont investis,
- Un foisonnement d'innovations technologiques
- Une augmentation importante d'énergies renouvelables -
Allemagne : 33 %
- Rupture de paradigme Energie /
Production / Economie → une
nouvelle croissance verte



L'Homme n'est jamais si sublimement lui-même que devant l'adversité. Claude Lorius

Les 10 gestes que nous pouvons faire (annexe 3)

1. Je trie les déchets et j'évite les emballages inutiles

2. Je préfère les produits respectueux de l'environnement et j'évite les produits jetables

3. J'éteins les appareils au lieu de les laisser en veille

4. Je choisis des appareils économiques en énergie

5. Je préfère une douche rapide à un bain

6. Je chauffe mon logement à 19° et à 17° dans les chambres et je l'isole bien si possible

7. J'installe si possible un chauffe-eau solaire

8. J'utilise moins la voiture pour aller travailler

9. Je conduis doucement et moins vite et je fais les petits déplacements à pied

10. Pour mes grands déplacements, je préfère les voyages en train

Bibliographie

- **Sites @**

- Rapport du GIEC – Changements climatiques 2013
- <http://www.ipcc.ch/>
- <http://www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/liens/giec.htm>
- <http://manicore>

- **Ouvrages :**

- **Le défi climatique** - Jean Jouzel & Anne Debroise (*Dunod*)
- **Parlons Climat** - Christophe Cassou et Valérie Masson-Delmotte (*La Documentation Française*)
- **L'effondrement de la civilisation occidentale** – Eric M. Conway & Naomi Oreskes – *Les Liens Qui Libèrent (L L L)*