

Prévoir le climat, une question de société

François Massonnet

Semaine de l'Europe
Lycée de Berlaymont
29 janvier 2014



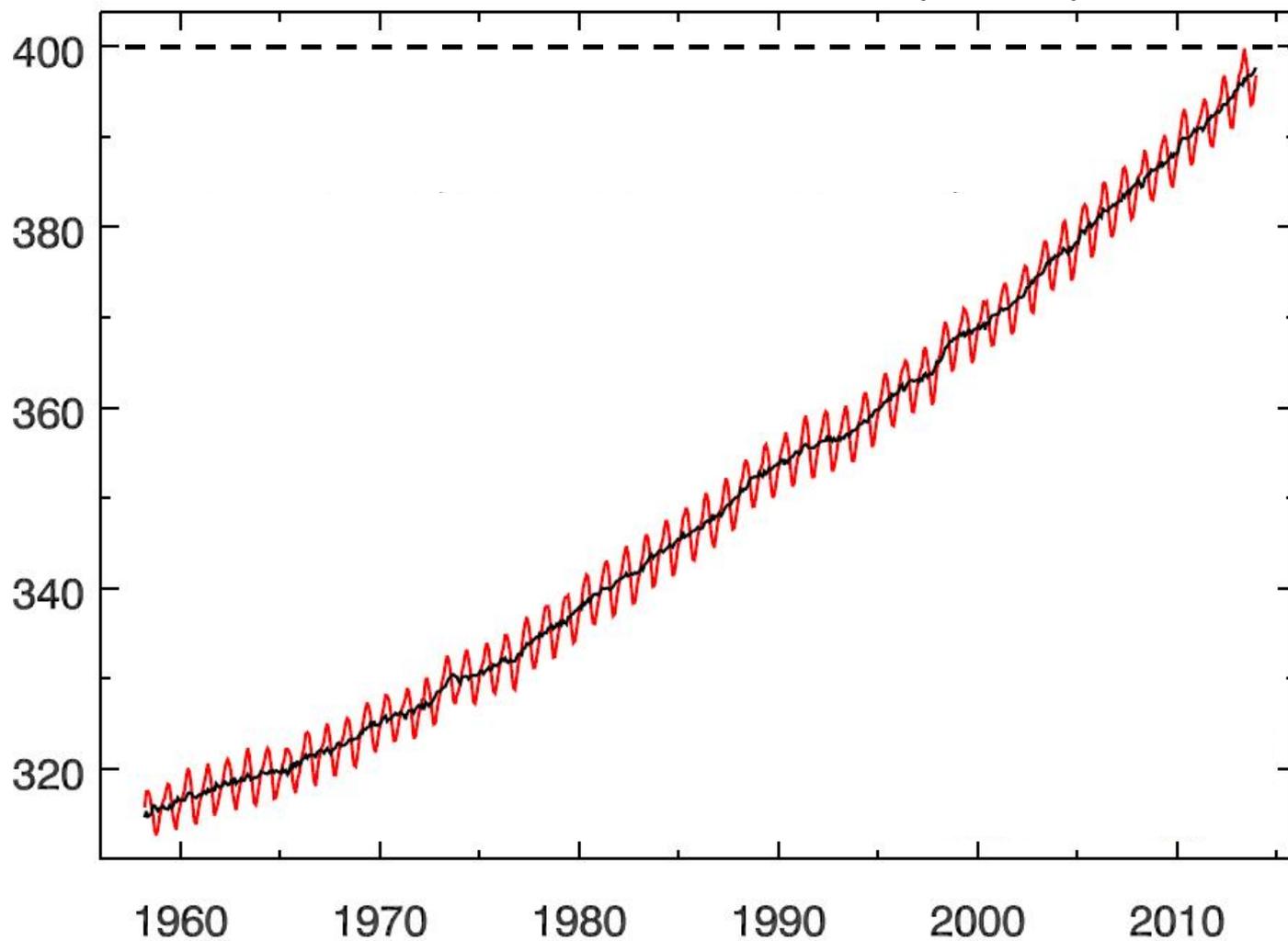
Beaucoup de choses
se passent en 20 ans



Beaucoup de choses
se passent en 20 ans

Concentration en CO₂ atmosphérique à
l'observatoire de Mauna Loa (Hawaii)

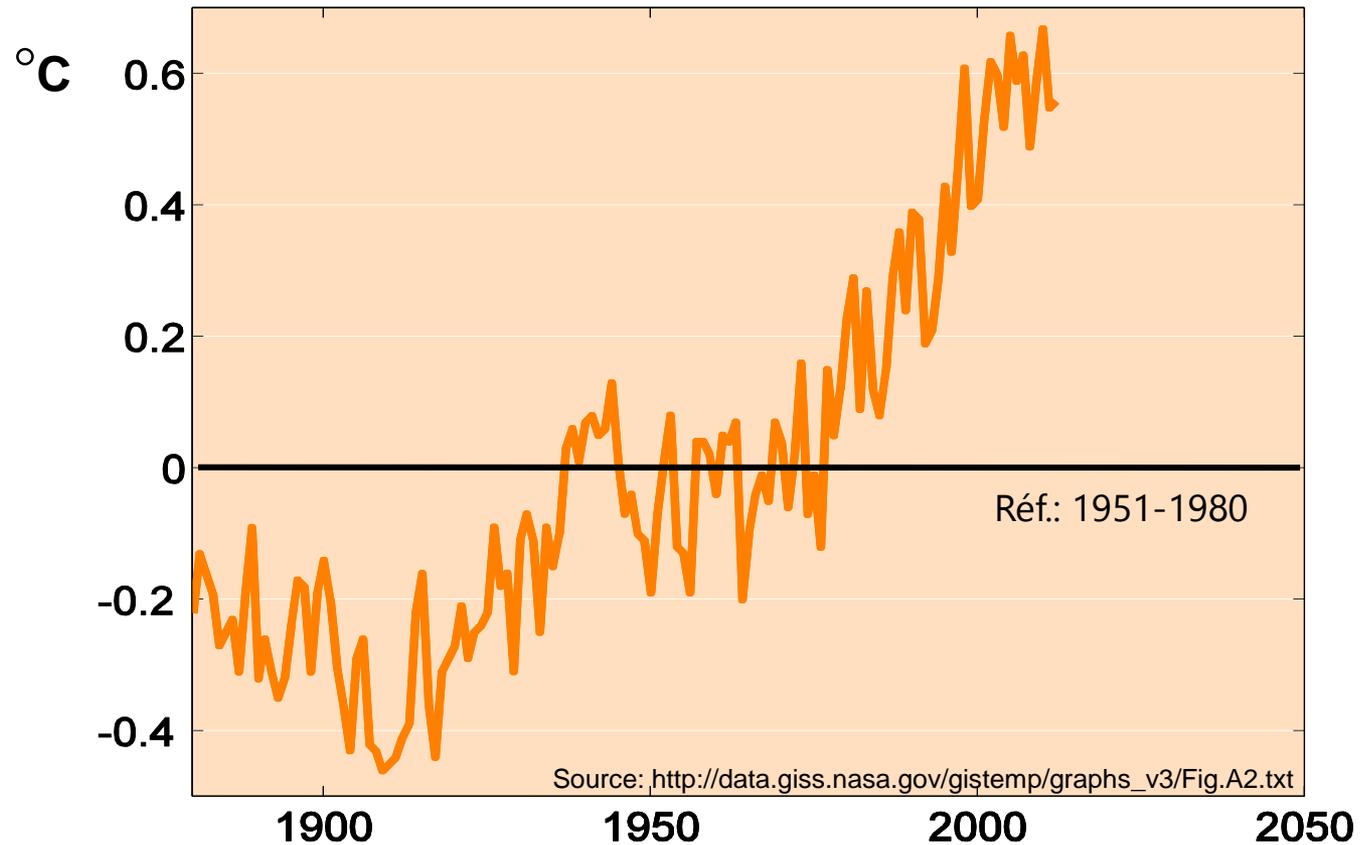
Parts par
million en
volume



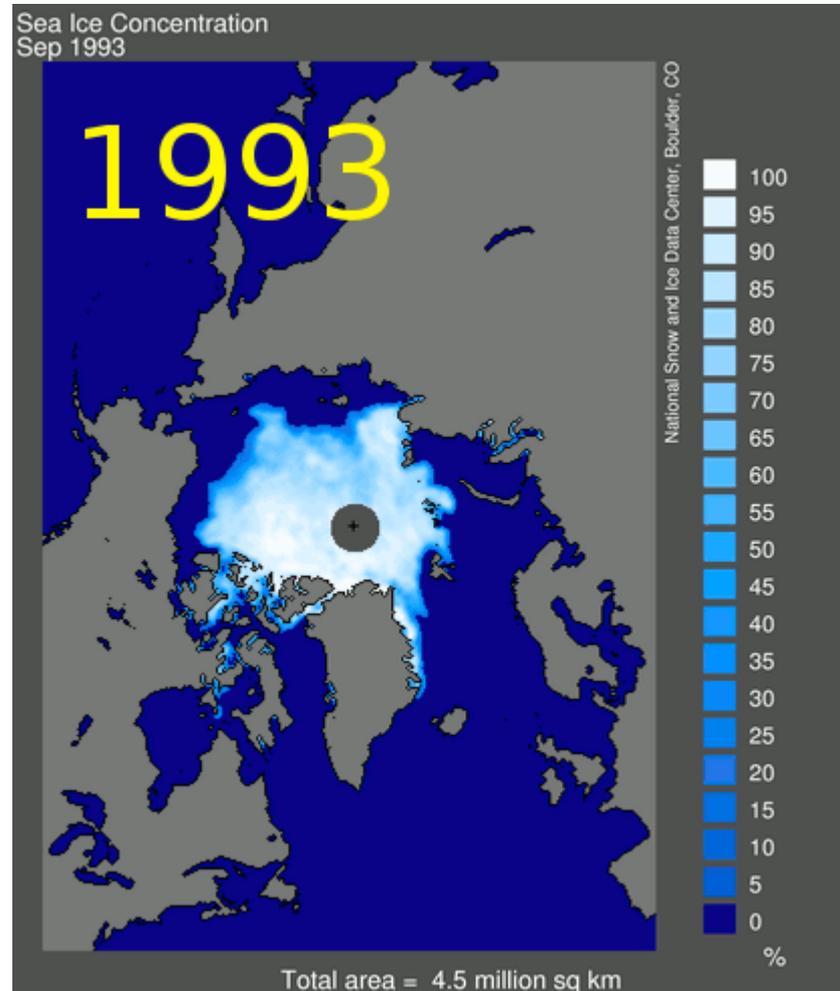
Source: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#mlo>

Beaucoup de choses se passent en 20 ans

Changement de température moyenne globale annuelle



Beaucoup de choses
se passent en 20 ans







Prévoir le climat, ça veut dire quoi?

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?

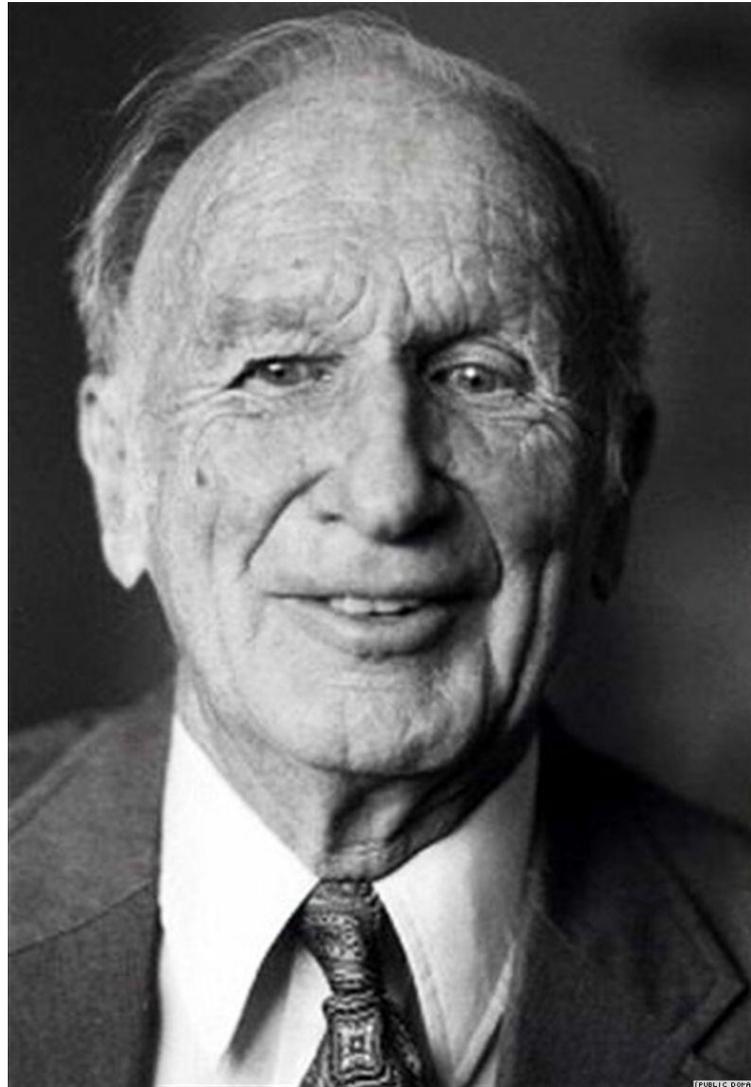
En pratique, comment ça marche?

Prévoir le climat, ça veut dire quoi?

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?

En pratique, comment ça marche?

Edward Lorenz (1917-2008)





$p = 99878.432393 \text{ Pa}$



$T = 9.32 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$p = 99878.432393 \text{ Pa}$

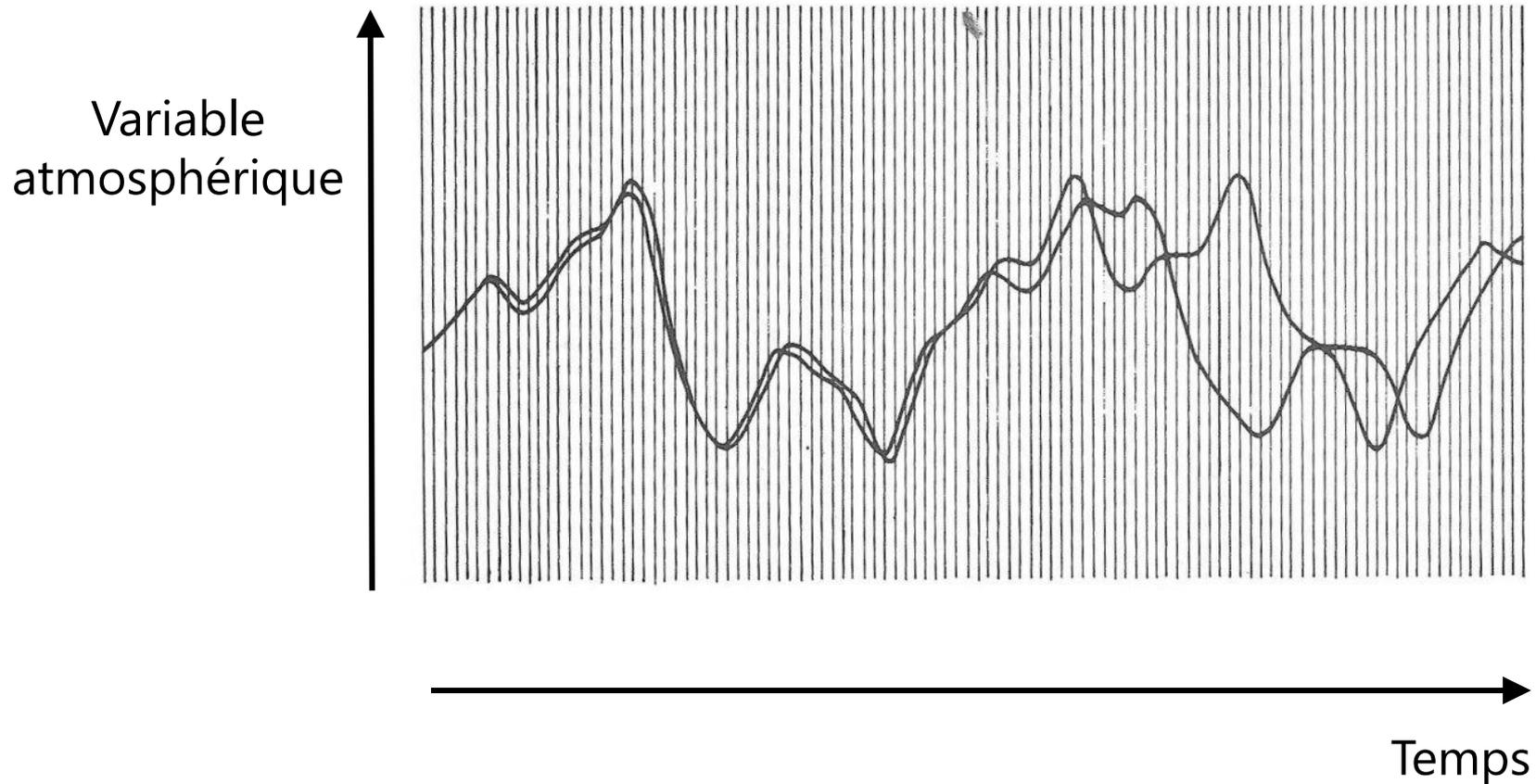


$$p = 99878.432393 \text{ Pa}$$



$$T = 3.18^{\circ}\text{C}$$

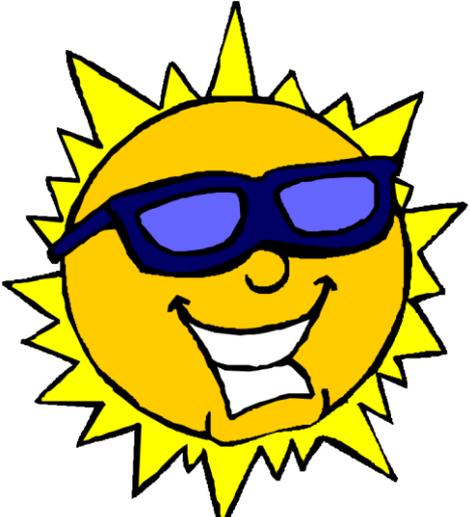
Même très proches initialement,
deux états finiront vite par diverger.
Inévitablement.

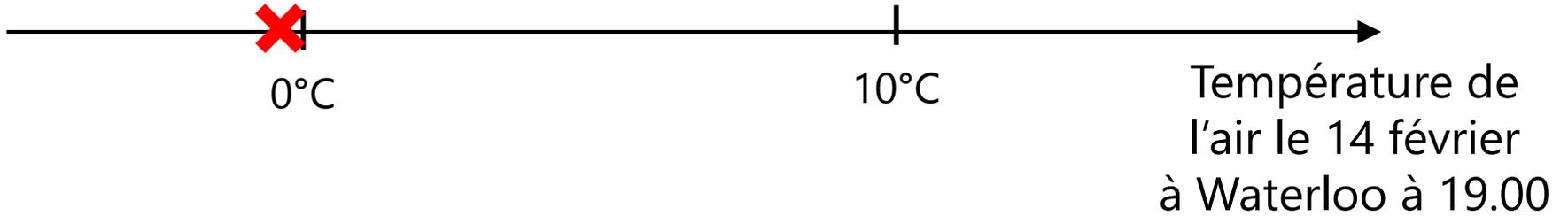


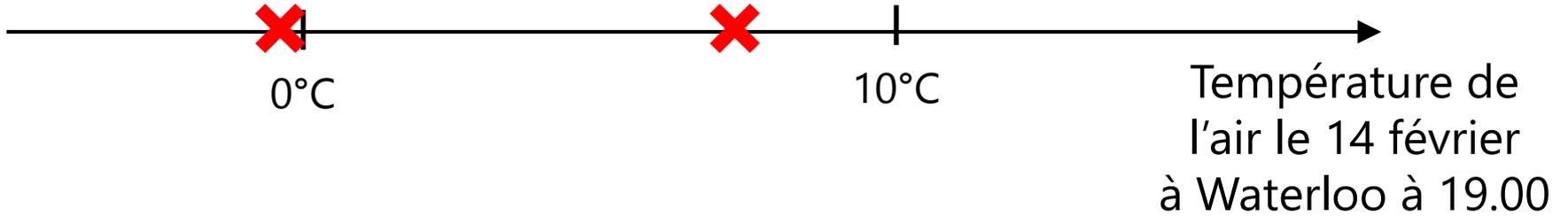


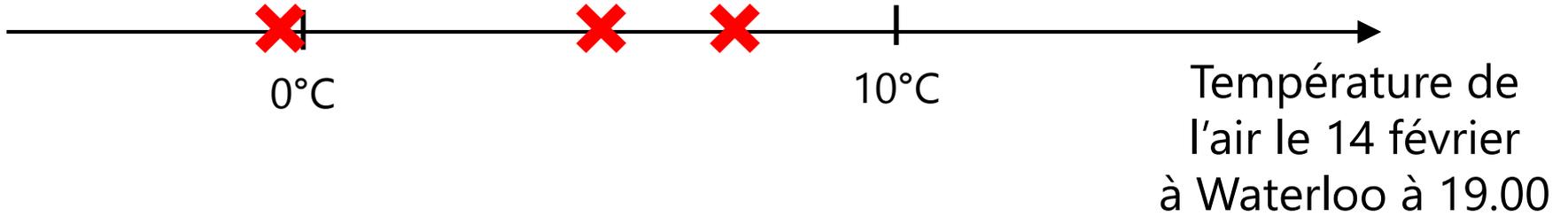


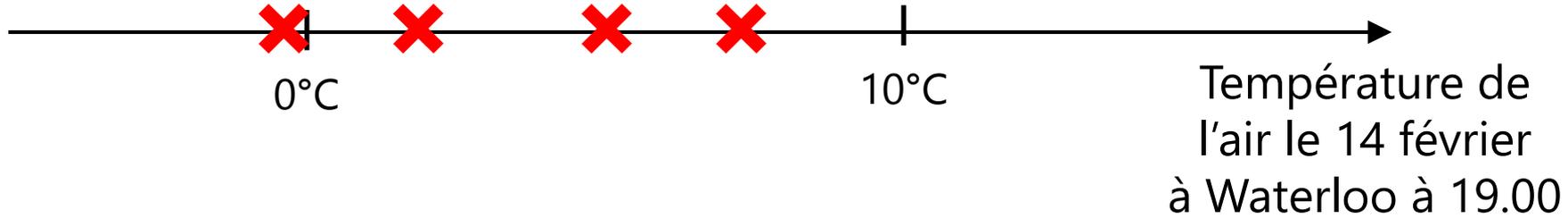
Le temps (météo) n'est pas prévisible au-delà de 15 jours









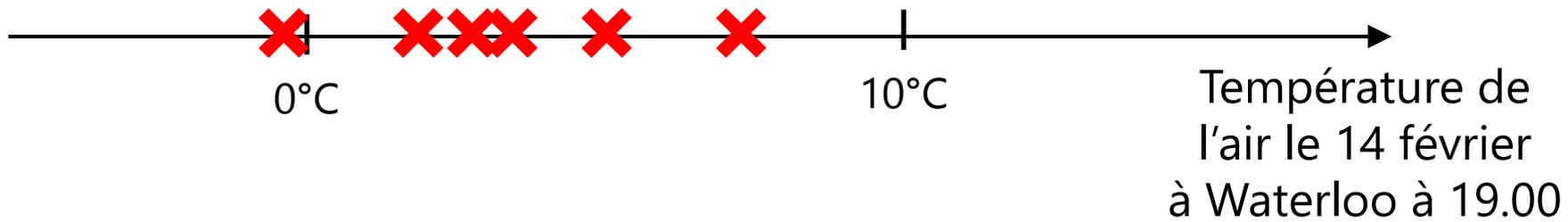




0°C

10°C

Température de
l'air le 14 février
à Waterloo à 19.00

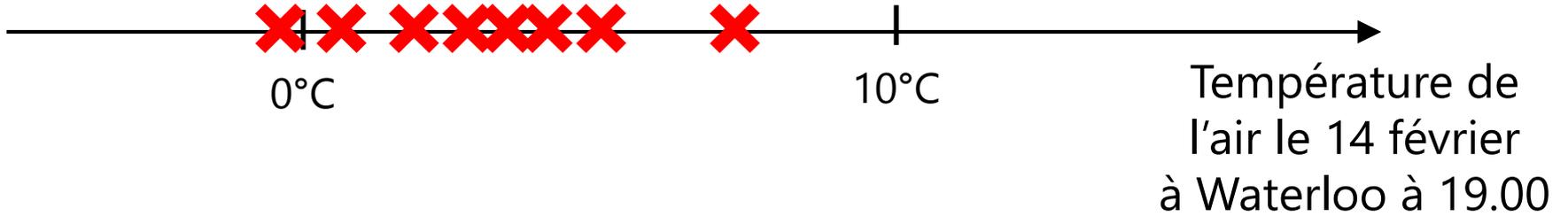




0°C

10°C

Température de
l'air le 14 février
à Waterloo à 19.00



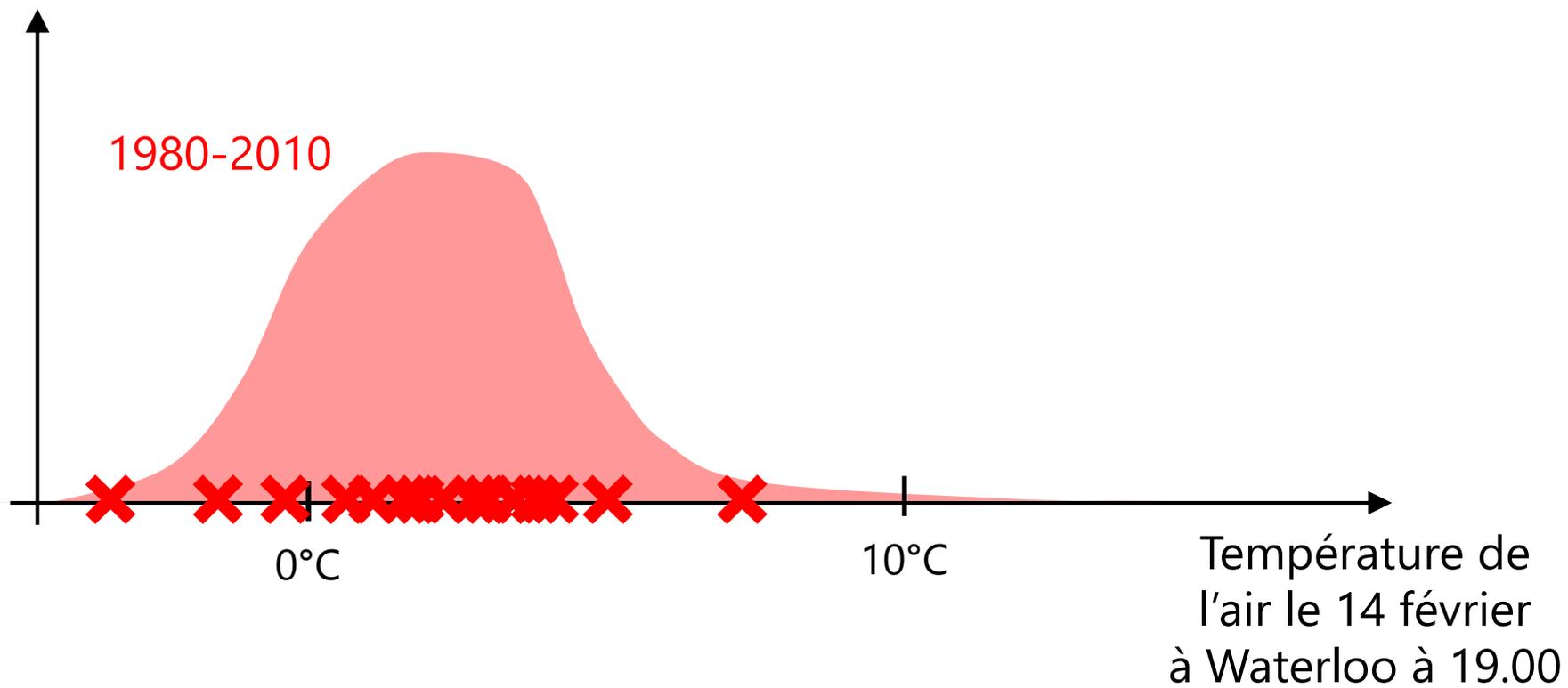


0°C

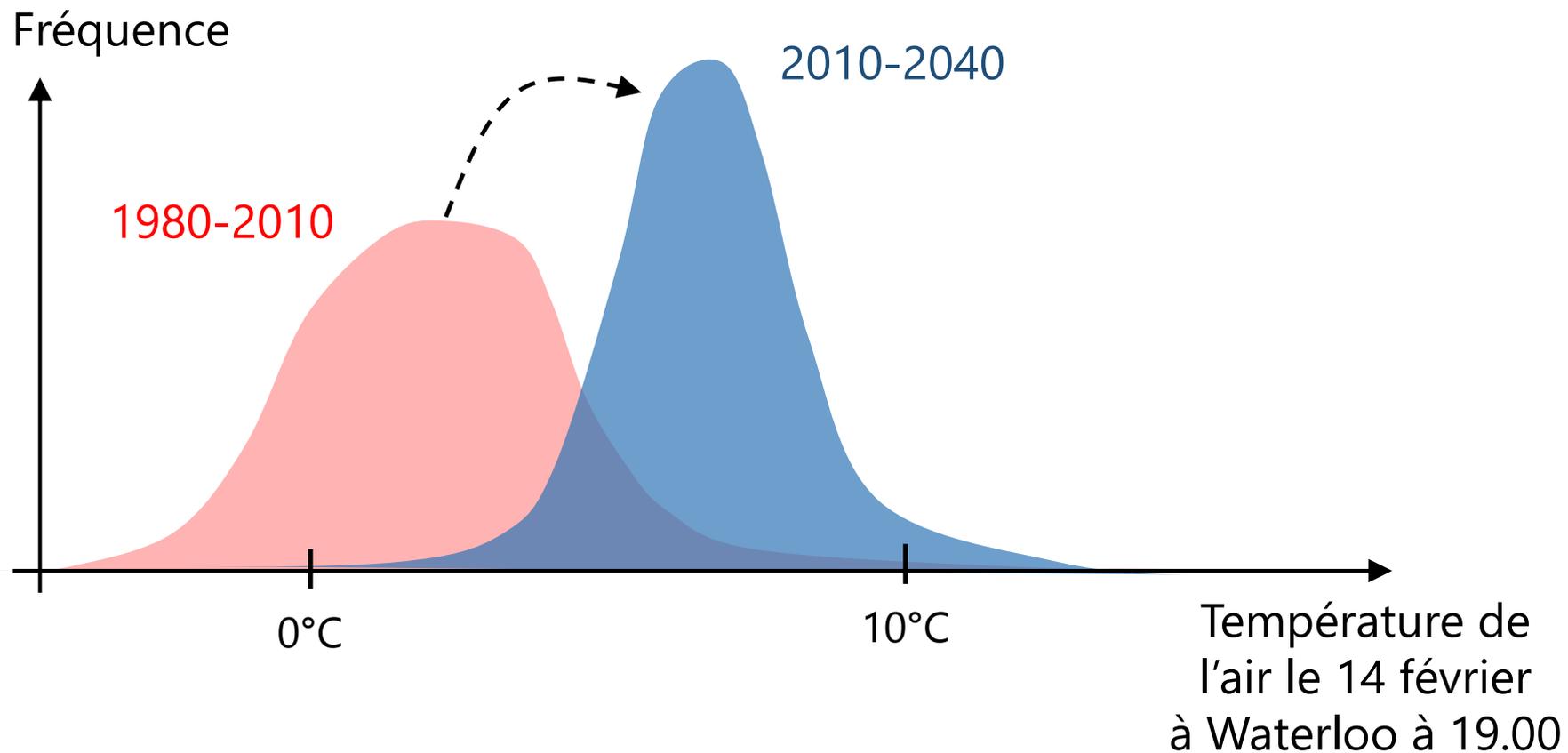
10°C

Température de
l'air le 14 février
à Waterloo à 19.00

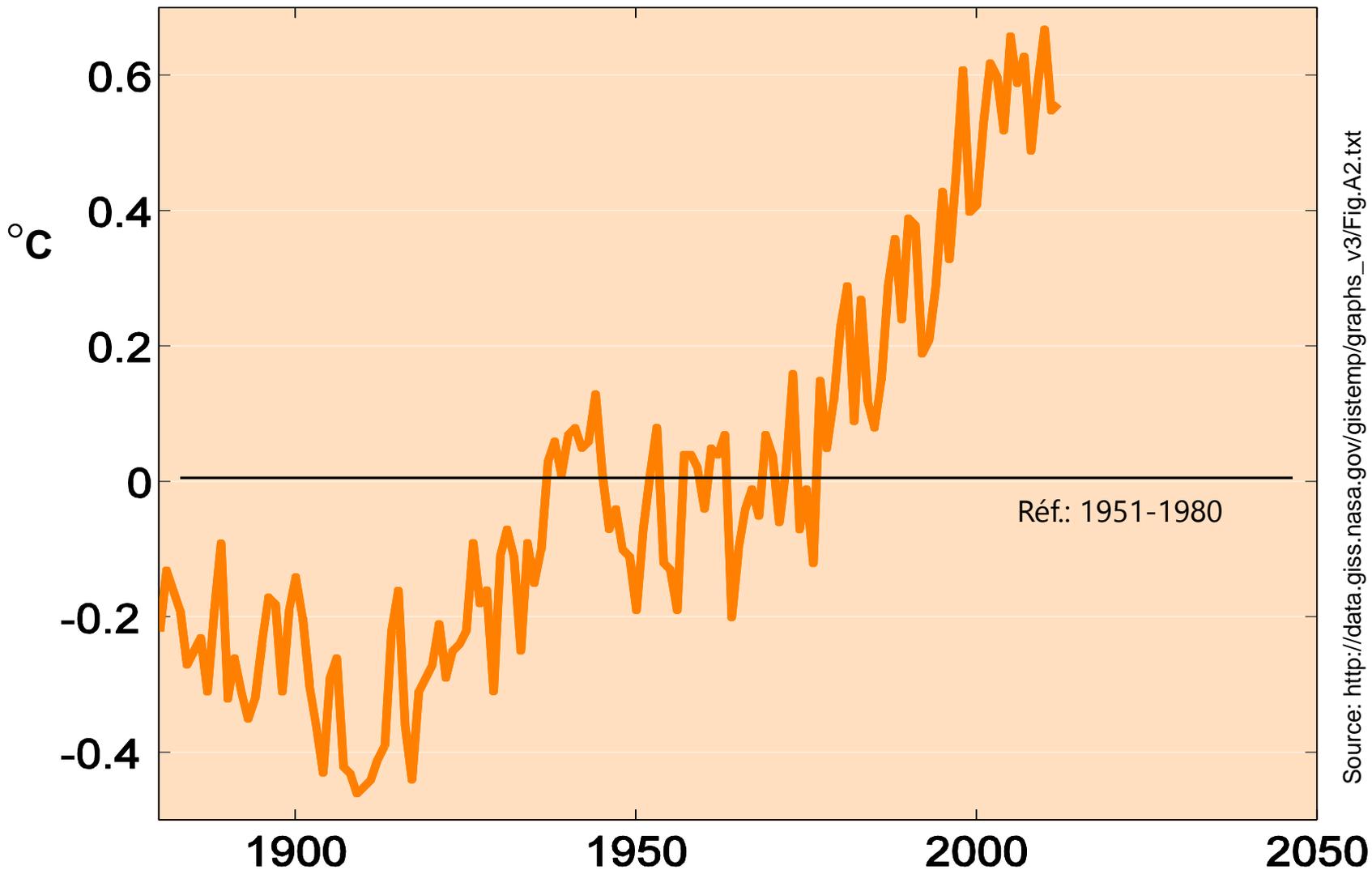
Fréquence



Le climatologue souhaite prévoir comment évolue l'enveloppe rouge

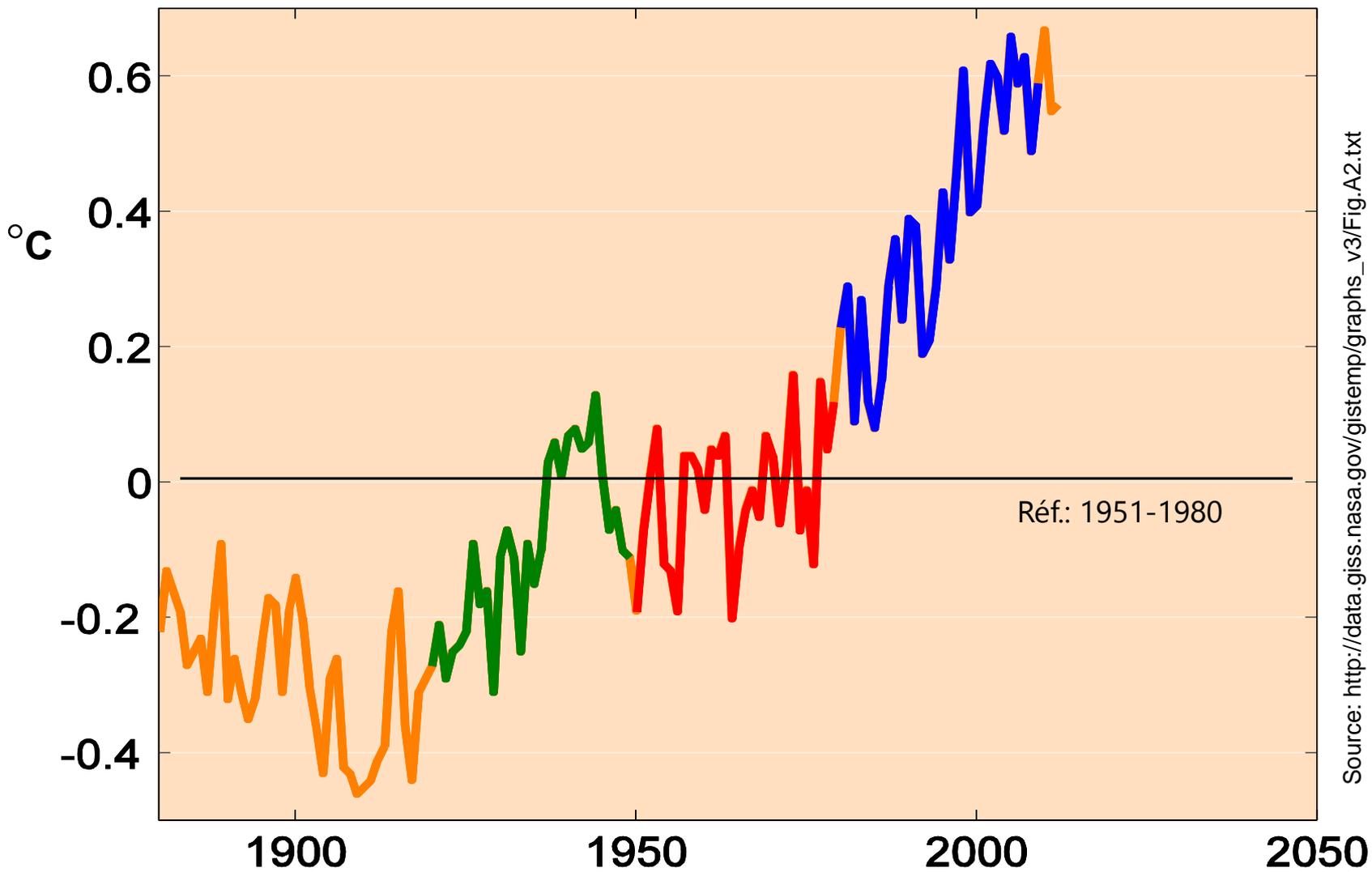


Changement de température moyenne globale annuelle



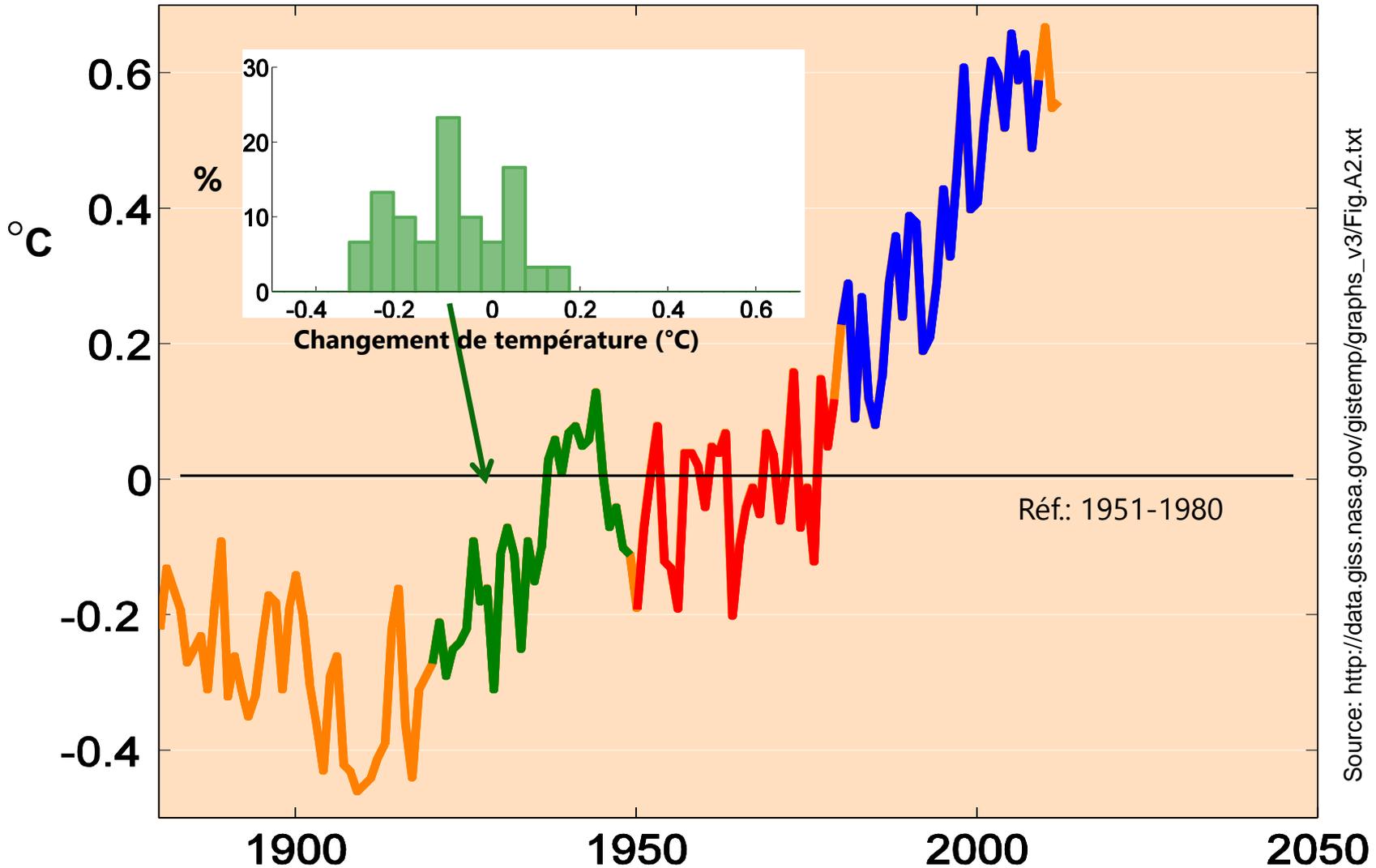
Source: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt

Changement de température moyenne globale annuelle



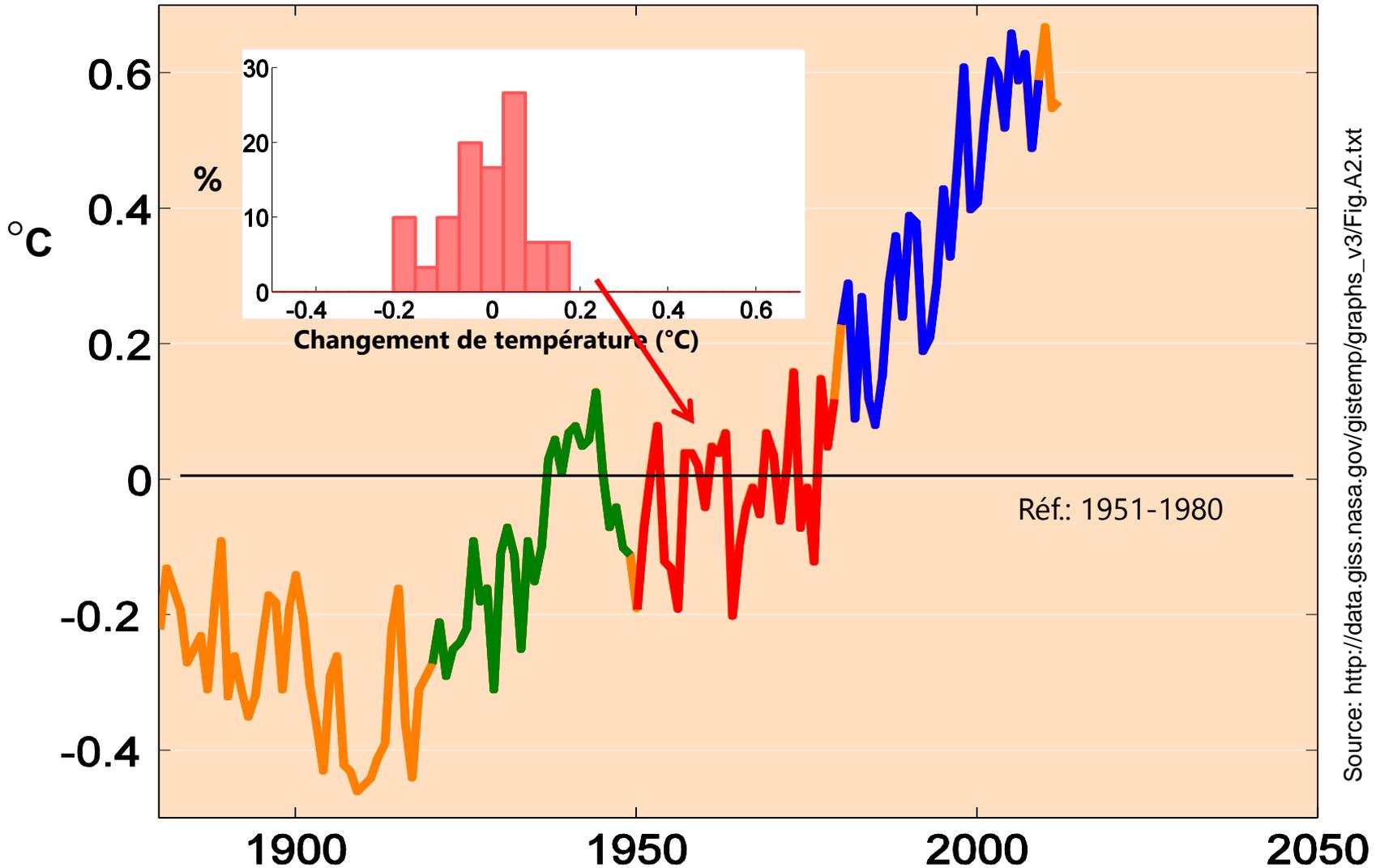
Source: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt

Changement de température moyenne globale annuelle



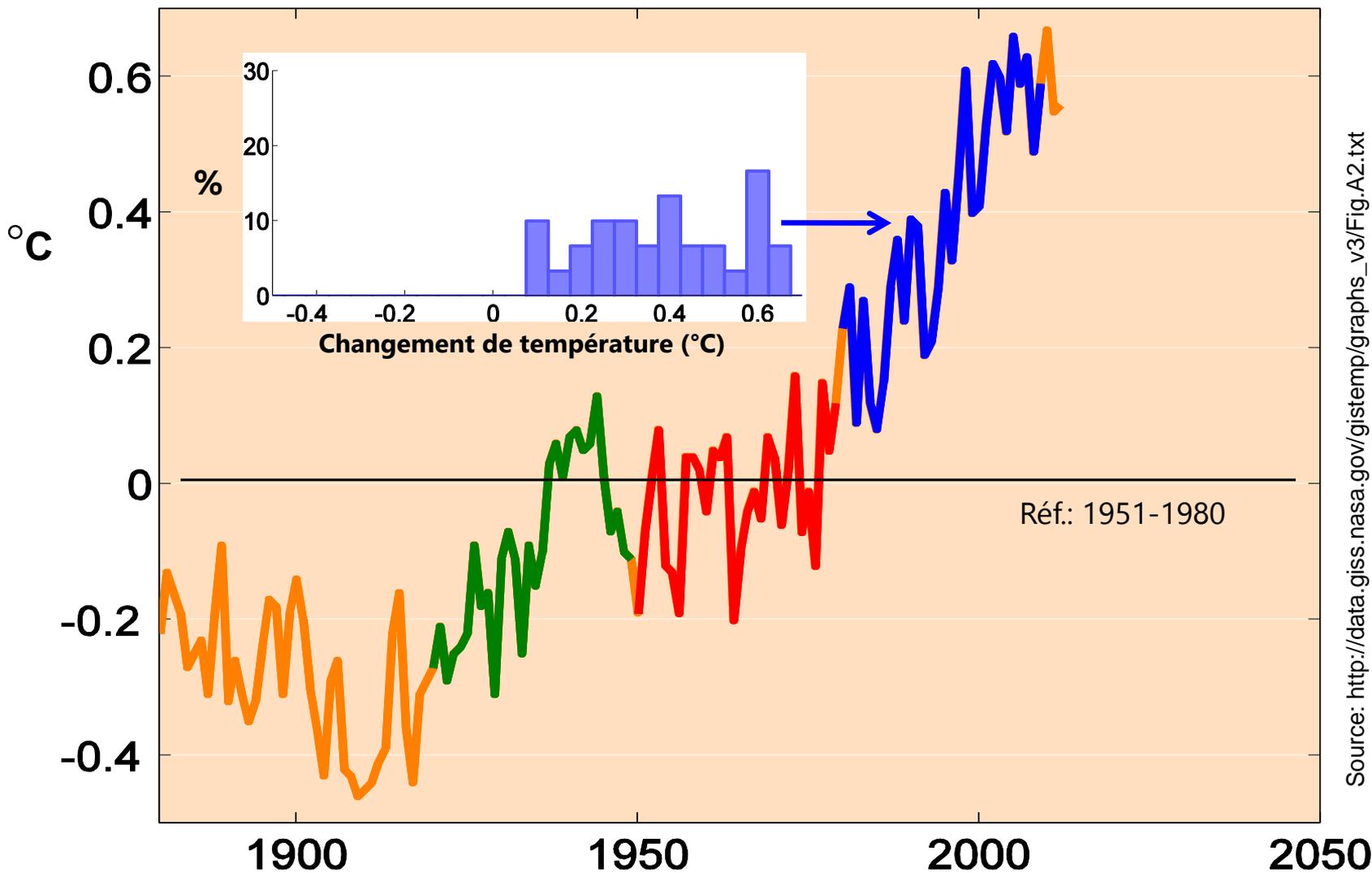
Source: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt

Changement de température moyenne globale annuelle



Source: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt

Changement de température moyenne globale annuelle



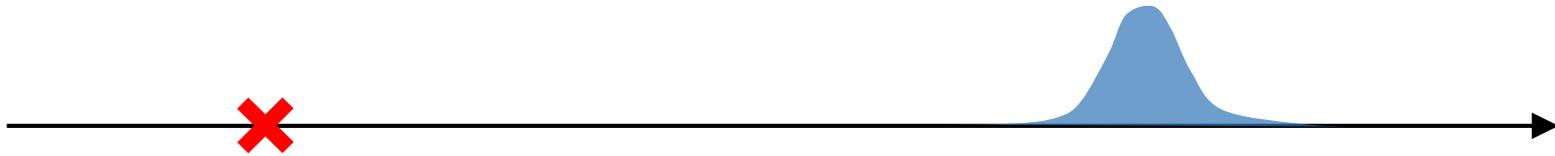
Source: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/fig.A2.txt

Conclusion 1

Prévoir le climat, c'est prévoir les statistiques du temps qu'il fera

Météo

Climat



Prévoir le temps

Prévoir la *distribution statistique* du temps

Evolution propre de l'atmosphère
(~quelques jours)

Réponse de l'atmosphère à des facteurs externes
(dizaines d'années)

« Comment m'habiller? »

« Comment construire ma maison? »

Prévoir le climat, ça veut dire quoi?

Prédire l'évolution des *statistiques* du temps

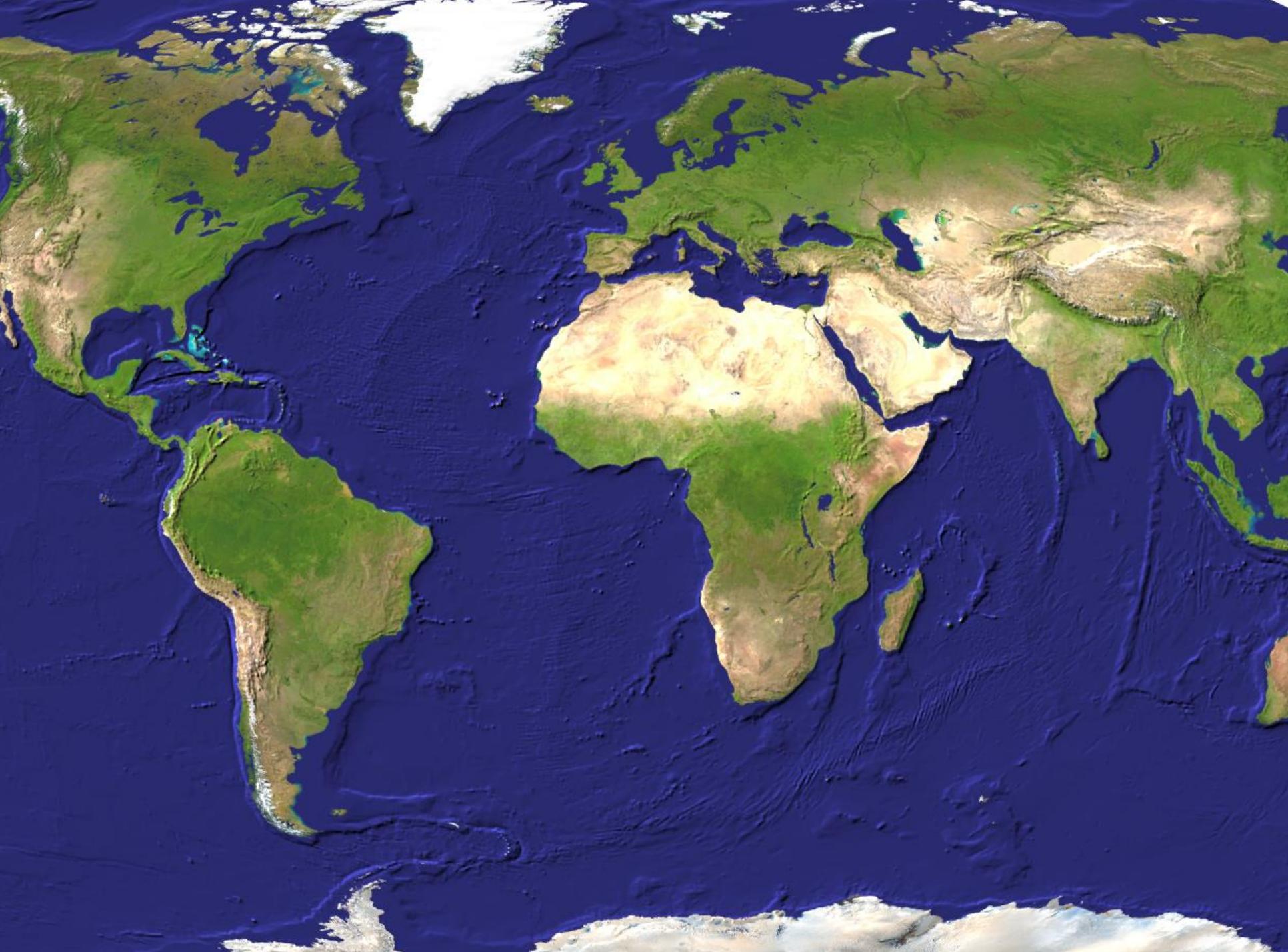
Avec quels outils peut-on prévoir le climat?

En pratique, comment ça marche?

Prévoir le climat, ça veut dire quoi?
Prédire l'évolution des *statistiques* du temps

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?

En pratique, comment ça marche?







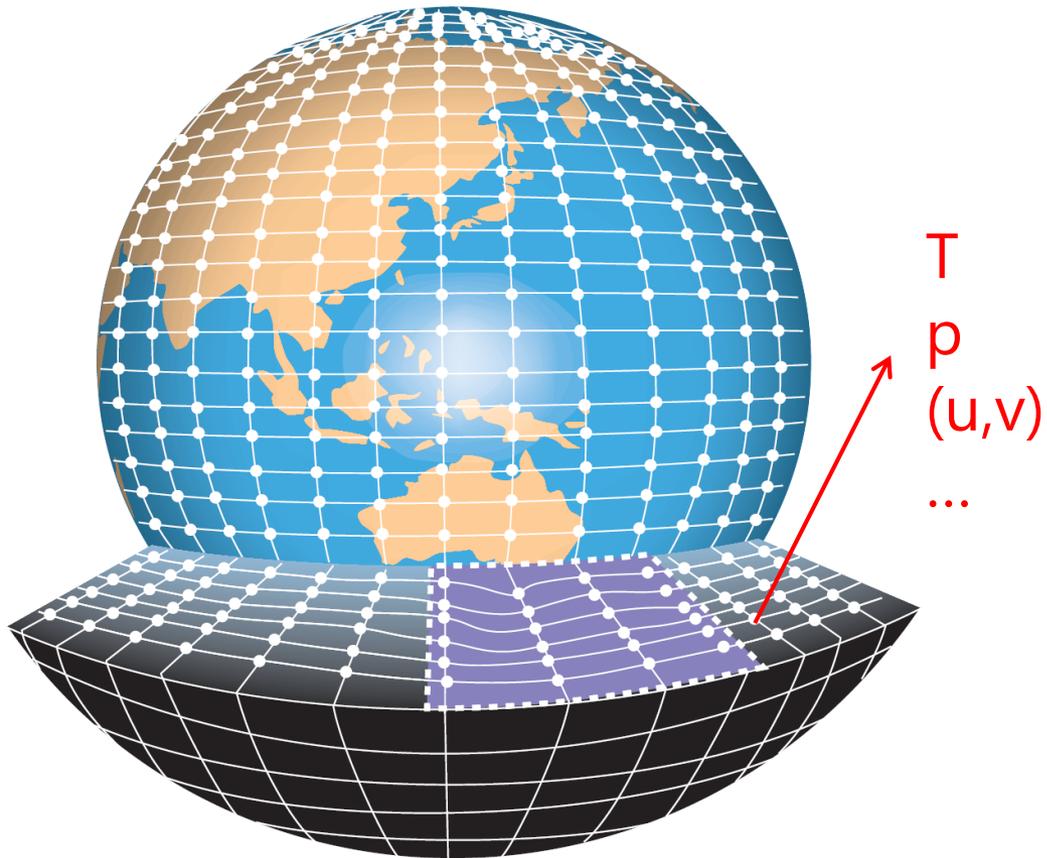




Monde réel



Lois physiques



T
 p
 (u,v)
 \dots



Monde réel



Lois physiques



Equations mathématiques

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = -(\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} - \frac{1}{\rho} \nabla p - \vec{g} - 2\vec{\Omega} \times \vec{V} + \nabla \cdot (k_{\omega} \nabla \vec{V}) - \vec{F}_d$$

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = -\rho c_p (\vec{V} \cdot \nabla) T - \nabla \cdot \vec{R} + \nabla \cdot (k_{\tau} \nabla T) + C + S$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -(\vec{V} \cdot \nabla) \rho - \rho (\nabla \cdot \vec{V})$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -(\vec{V} \cdot \nabla) q + \nabla \cdot (k_q \nabla q) + S_q + E$$

$$p = \rho R_d T$$



Monde réel



Lois physiques



Equations mathématiques



Résolution numérique

Le modèle est une approximation de la réalité



T
p
(u,v)
...

Monde réel



Lois physiques



Equations mathématiques



Résolution numérique



Résultats



```

IF( kt == nit000 .AND. lwp) THEN
  WRITE(numout,*)
  WRITE(numout,*) 'lim_itd_th_rem : Remapping the ice thickness distribution'
  WRITE(numout,*) '~~~~~'
  WRITE(numout,*) ' klbnd :      ', klbnd
  WRITE(numout,*) ' kubnd :      ', kubnd
  WRITE(numout,*) ' ntyp :      ', ntyp
ENDIF

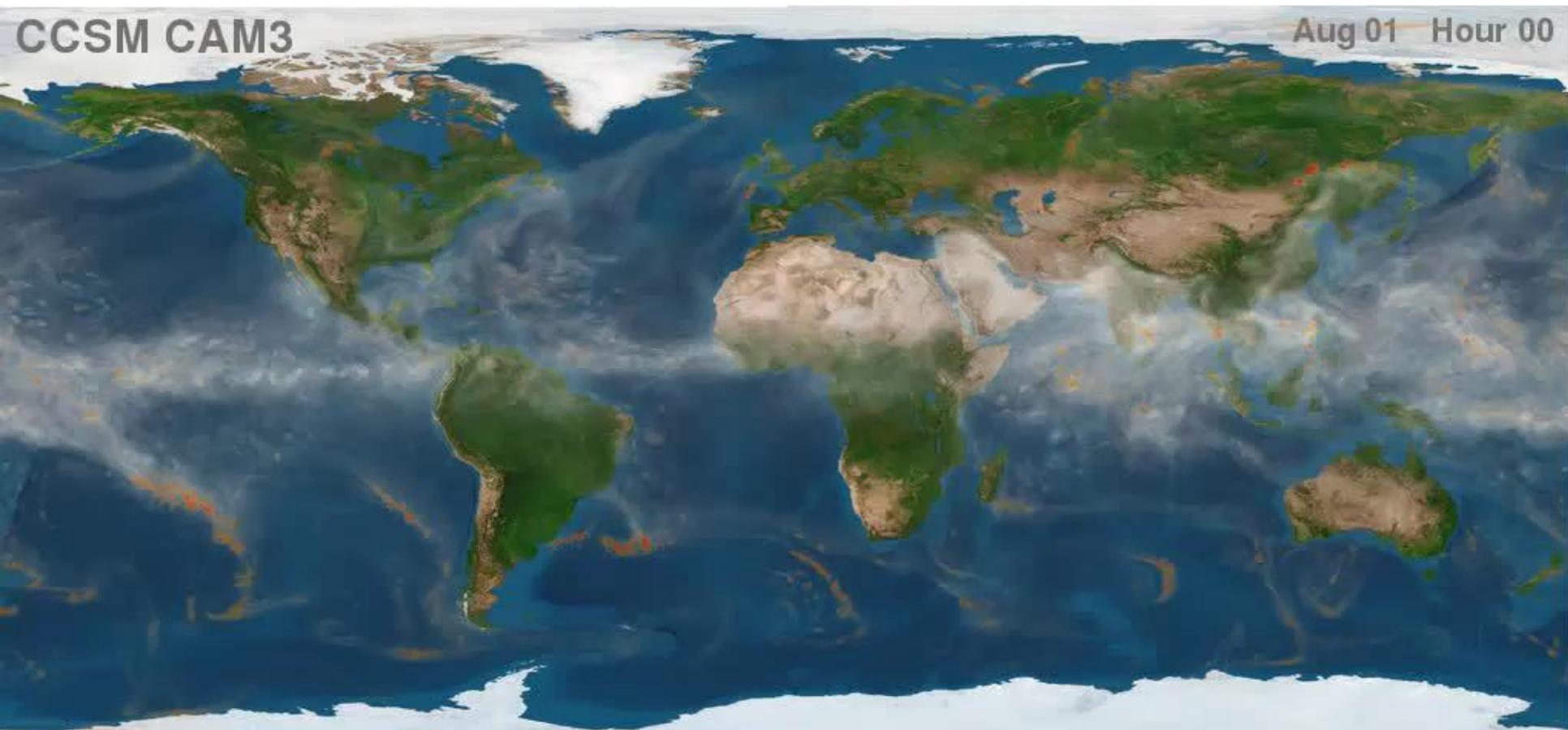
zdhice(:, :, :) = 0._wp
DO j1 = klbnd, kubnd
  DO jj = 1, jpj
    DO ji = 1, jpi
      zindb
        = 1.0-MAX(0.0, SIGN(1.0, -a_i(ji, jj, j1))) !0 if no ice and 1 if yes
      ht_i(ji, jj, j1) = v_i(ji, jj, j1) / MAX(a_i(ji, jj, j1), epsi10) * zindb
      zindb
        = 1.0-MAX(0.0, SIGN(1.0, -old_a_i(ji, jj, j1))) !0 if no ice and 1 if yes
      zht_i_o(ji, jj, j1) = old_v_i(ji, jj, j1) / MAX(old_a_i(ji, jj, j1), epsi10) * zindb
      IF( a_i(ji, jj, j1) > 1e-6 ) zdhice(ji, jj, j1) = ht_i(ji, jj, j1) - zht_i_o(ji, jj, j1)
    END DO
  END DO
END DO

!-----
! 2) Compute fractional ice area in each grid cell
!-----
at_i(:, :, :) = 0._wp
DO j1 = klbnd, kubnd
  at_i(:, :, :) = at_i(:, :, :) + a_i(:, :, j1)
END DO

!-----
! 3) Identify grid cells with ice
!-----
nbrem = 0
DO jj = 1, jpj
  DO ji = 1, jpi
    IF ( at_i(ji, jj) .gt. zareamin ) THEN
      nbrem = nbrem + 1
      nind_i(nbrem) = ji
      nind_j(nbrem) = jj
      zremap_flag(ji, jj) = 1
    ELSE
      zremap_flag(ji, jj) = 0
    ENDIF
  END DO !ji
END DO !jj

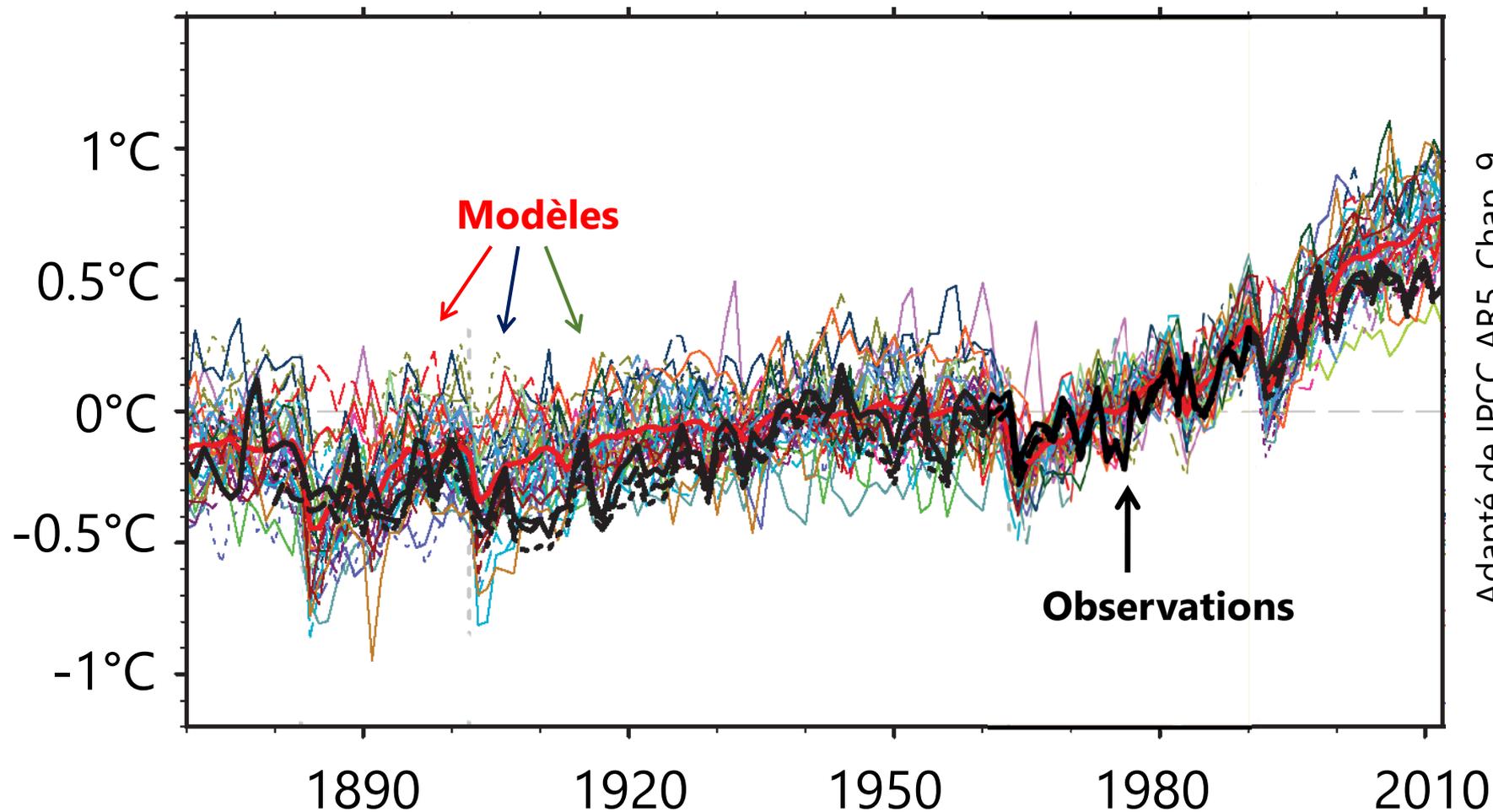
```

Le modèle est une **bonne**
approximation de la réalité

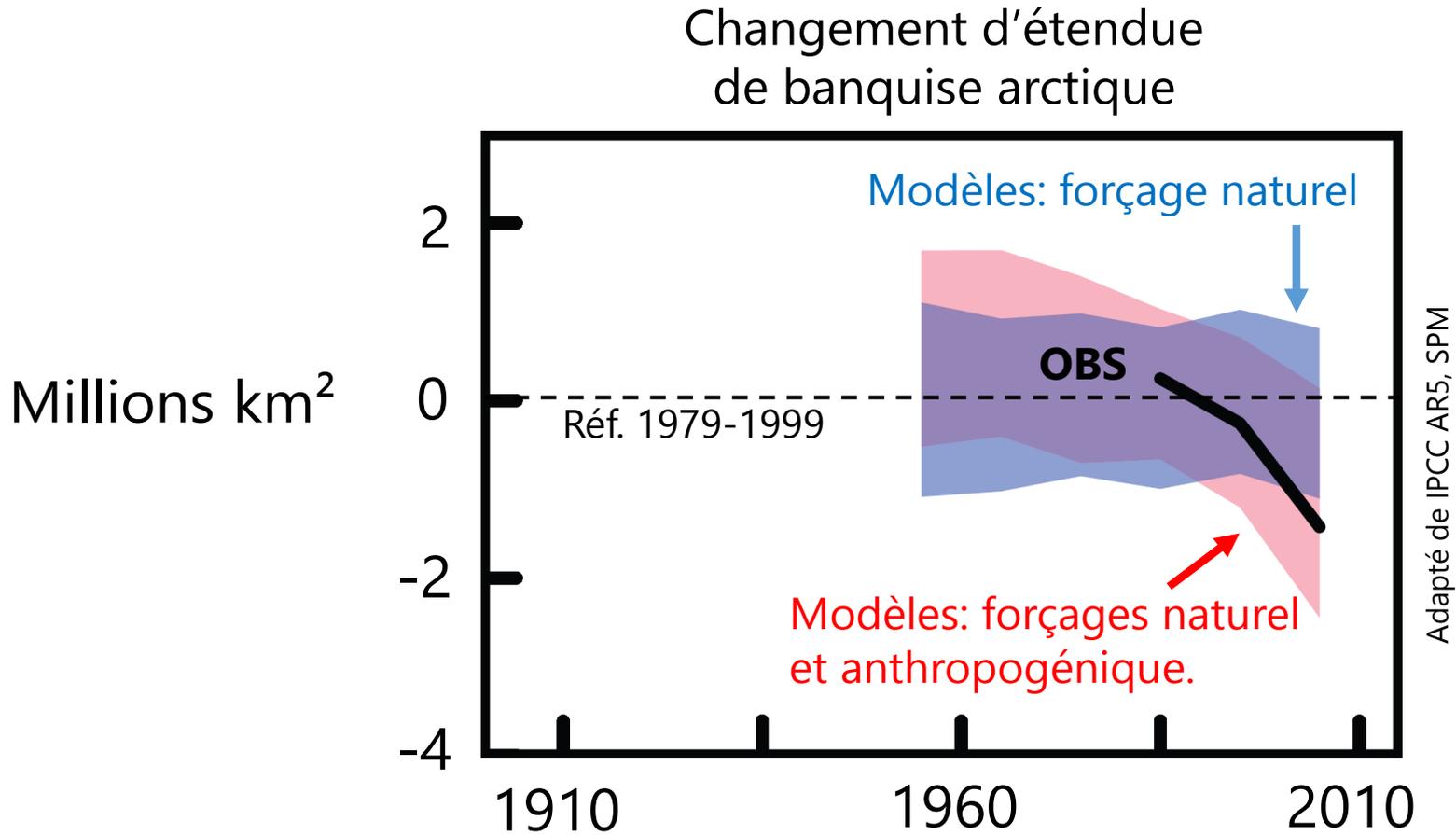


Le modèle est une **bonne**
approximation de la réalité

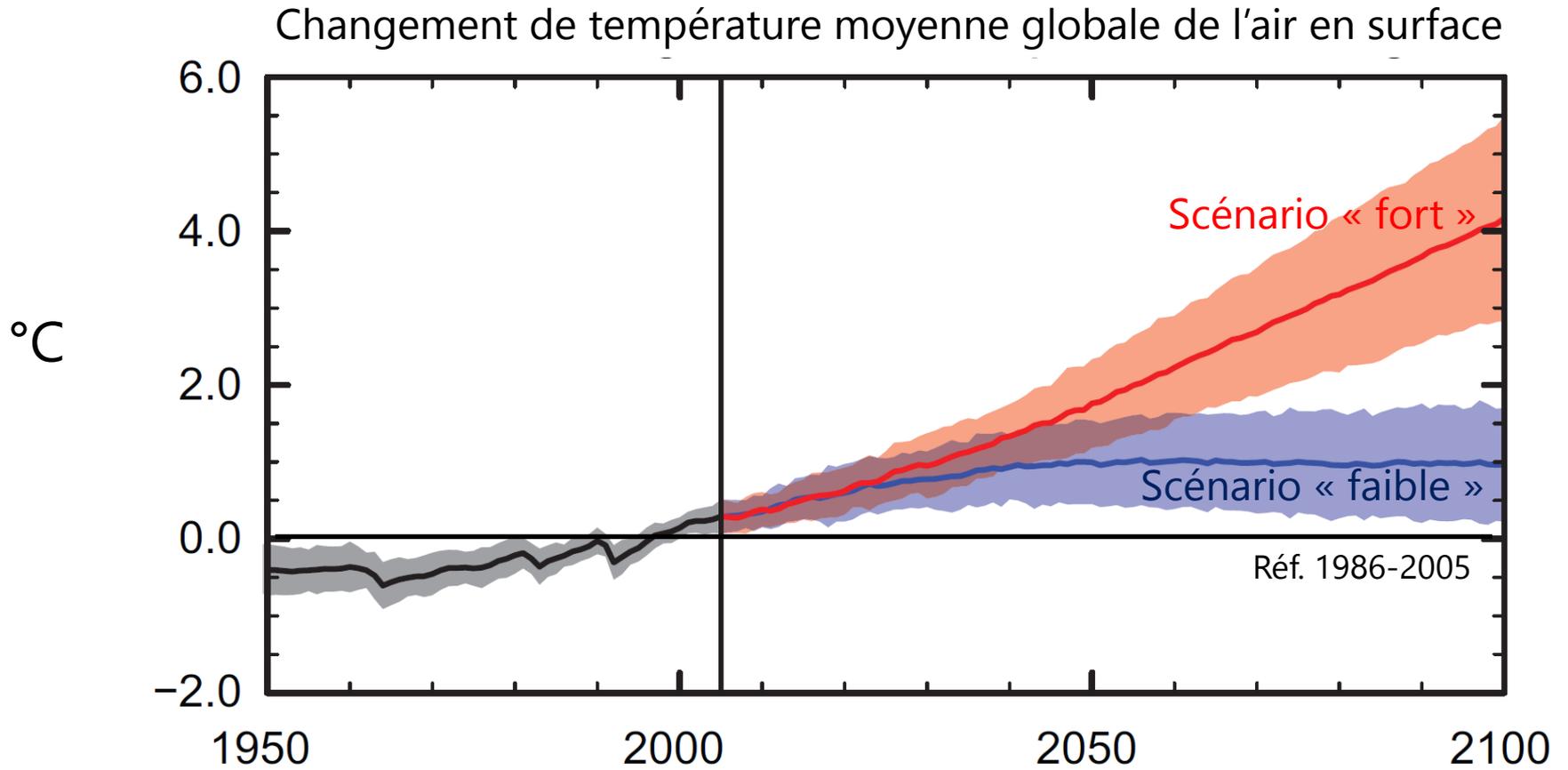
Changement de température moyenne globale (référence: 1961-1990)



Les modèles permettent d'attribuer les changements climatiques



Malgré les efforts, des incertitudes subsistent

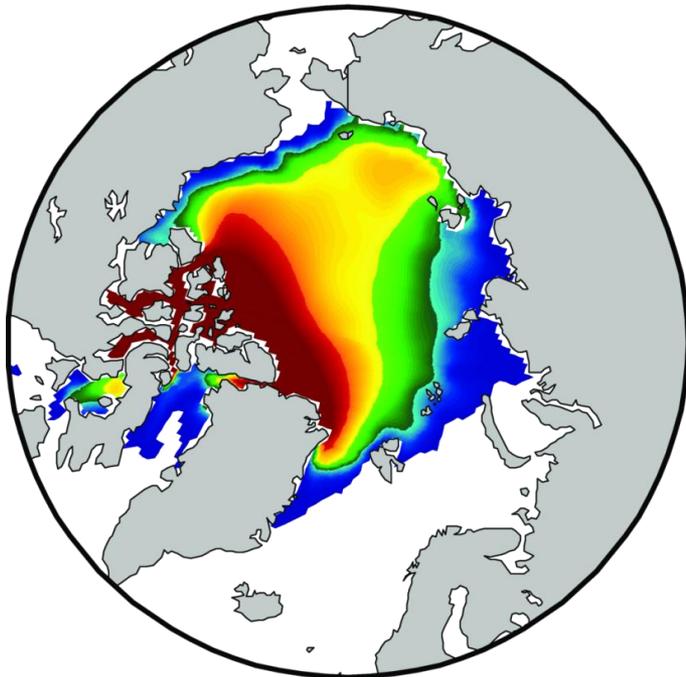


Conclusion 2

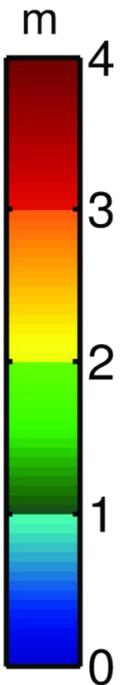
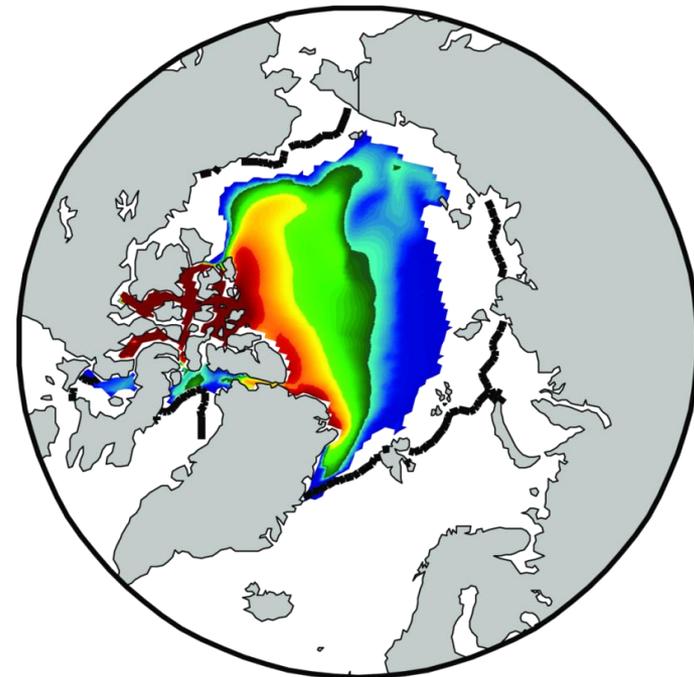
On peut comprendre et prévoir le climat à l'aide de modèles éprouvés

Epaisseur de la banquise arctique
(Louvain-la-Neuve sea Ice Model)

Moyenne Septembre 1979–2000



Septembre 2011



Prévoir le climat, ça veut dire quoi?
Prédire l'évolution des *statistiques* du temps

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?

A l'aide de modèles incluant les
processus physiques connus

En pratique, comment ça marche?

Prévoir le climat, ça veut dire quoi?
Prédire l'évolution des *statistiques* du temps

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?
A l'aide de modèles incluant les
processus physiques connus

En pratique, comment ça marche?

Vu sur <http://www.berlaymont.be/lycee/>

- des projets à long terme sont aussi proposés comme le jumelage entre 3 classes du Lycée de Berlaymont et une école au Rwanda.

En espérant vous avoir informé au mieux de nos objectifs en la matière, nous espérons que vous soutiendrez les initiatives de vos enfants pour encourager ces programmes.

Seul, on va plus vite, ensemble, on va plus loin (proverbe africain)

Sciences

Sciences

3e degré

Arts d'ex

Français

Histoire 2

Latin / Gi

Mathéma

Partager cette
information :



7^{ème} programme cadre de la Commission Européenne

- 2007-2013
- Budget total ~50 milliards €
- Financement de la recherche (sens large)



Sur le site web du 7^{ème} programme cadre

Comment obtenir de l'aide ou des informations supplémentaires?

subventions accordées aux acteurs de la recherche dans toute l'Europe et ailleurs, pour cofinancer des projets de recherche, de développement technologique et de démonstration. Les subventions font l'objet d'une forte compétition, et sont accordées sur la base d'appels à propositions et d'une procédure d'examen par les pairs.

Les activités financées au titre du 7^e PC doivent présenter «une valeur ajoutée européenne», afin d'être complémentaires aux programmes de recherche nationaux. Un des aspects clés de la valeur ajoutée européenne réside dans le caractère transnational de nombreuses actions: les projets de recherche sont réalisés par des consortiums associant des participants de divers pays européens (et autres pays); les bourses accordées dans le cadre du 7^e PC exigent une mobilité au-delà des frontières nationales. En effet, de nombreux défis en matière de recherche (par exemple, la recherche sur la fusion, etc.) sont si complexes qu'ils ne peuvent être traités qu'à l'échelon européen.





- 23 partenaires UE (dont UCL)
- 8 millions €
- 4 ans de financement

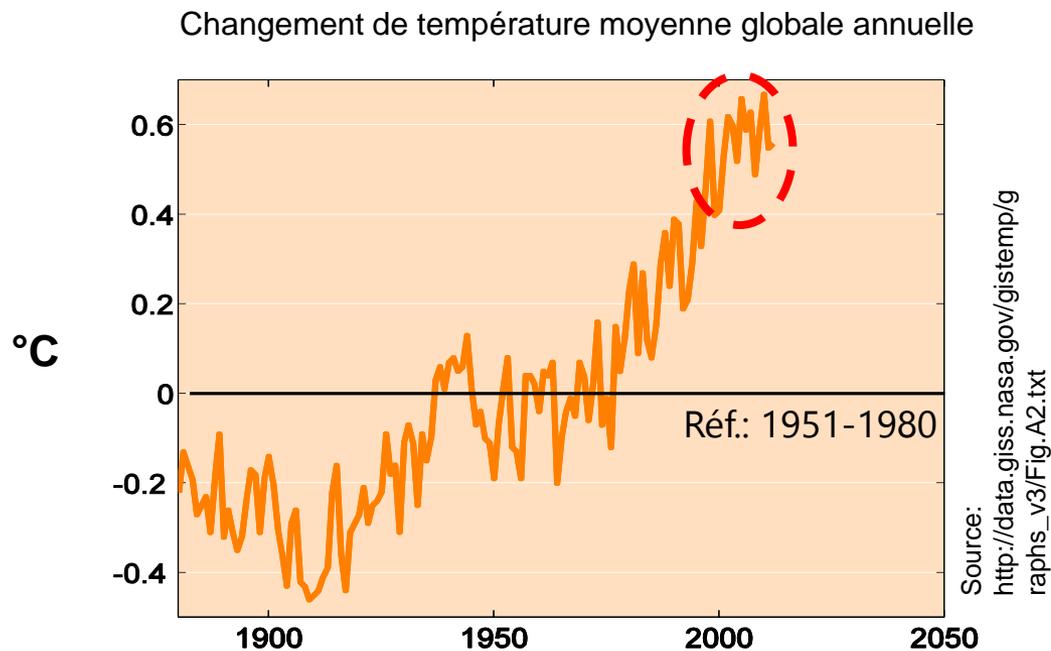
Objectif:

Améliorer les modèles
et leurs prévisions



Résultats phares

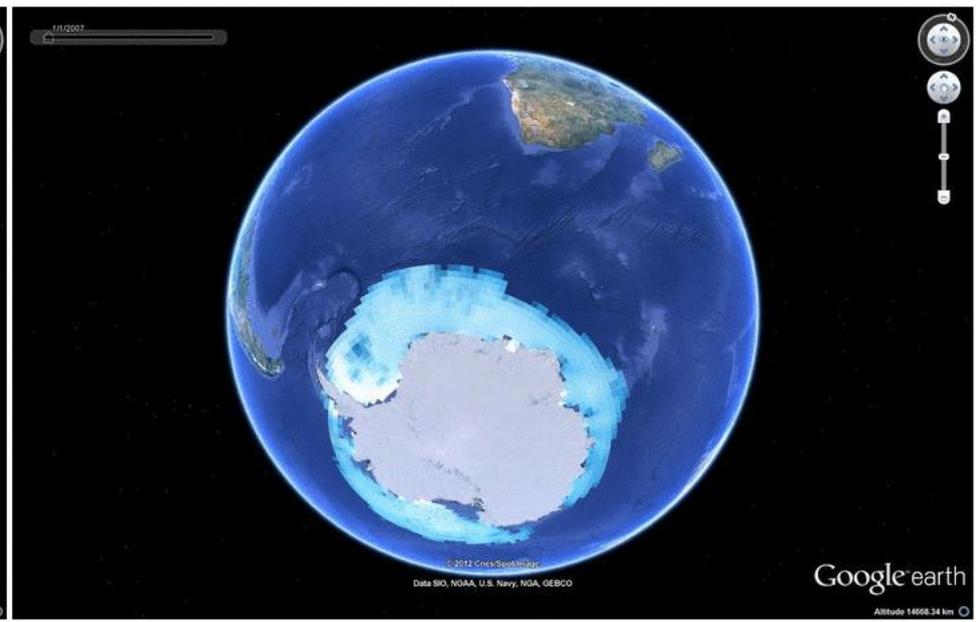
- Amélioration de l'initialisation des composantes « lentes » du système





Résultats phares

- Amélioration de l'initialisation des composantes « lentes » du système
- Meilleure représentation de processus
Amélioration des modèles





Prévoir le climat, ça veut dire quoi?
Prédire l'évolution des *statistiques* du temps

Avec quels outils peut-on prévoir le climat?
A l'aide de modèles incluant les
processus physiques connus

En pratique, comment ça marche?

Une approche intégrée et collaborative est essentielle

Un autre exemple d'approche intégrée et collaborative: le GIEC (IPCC en anglais)



« Chacune des 3
dernières décennies a
été plus chaude que les
précédentes depuis 1850

La dernière décennie est
la plus chaude »





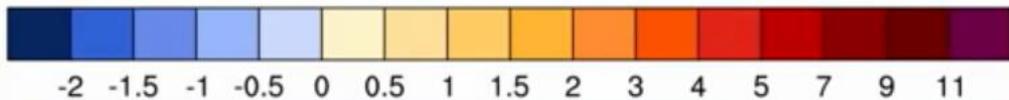
« On reçoit beaucoup de signaux de la cryosphère, en termes de réchauffement »

An aerial photograph showing a residential area completely inundated with dark blue floodwater. Numerous houses with various roof colors (brown, grey, white) are visible, some partially submerged. Trees and other vegetation are also in the water, some appearing as small islands. The scene illustrates the impact of sea level rise.

« Nous devons nous adapter à l'élévation du niveau des mers »

« Les modèles climatiques sont les seuls outils permettant de parler du futur de manière quantitative »

Temperature change RCP 4.5 in 2046 - 2065: June - August

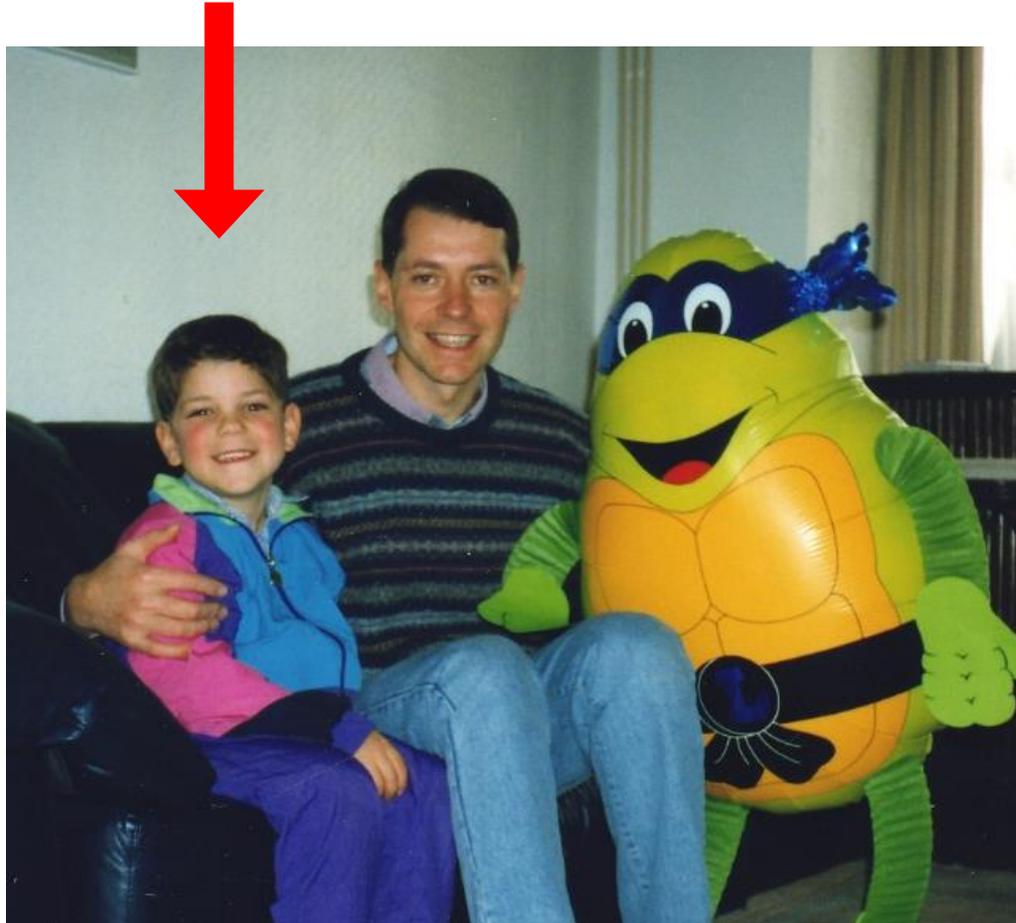


A retenir

Ne confondez plus jamais météo et climat
On peut prévoir le climat à 20 ans

Travaillez ensemble pour aller plus loin
Une approche collaborative est nécessaire

Beaucoup de choses
se passent en 20 ans



Merci à toutes et à tous

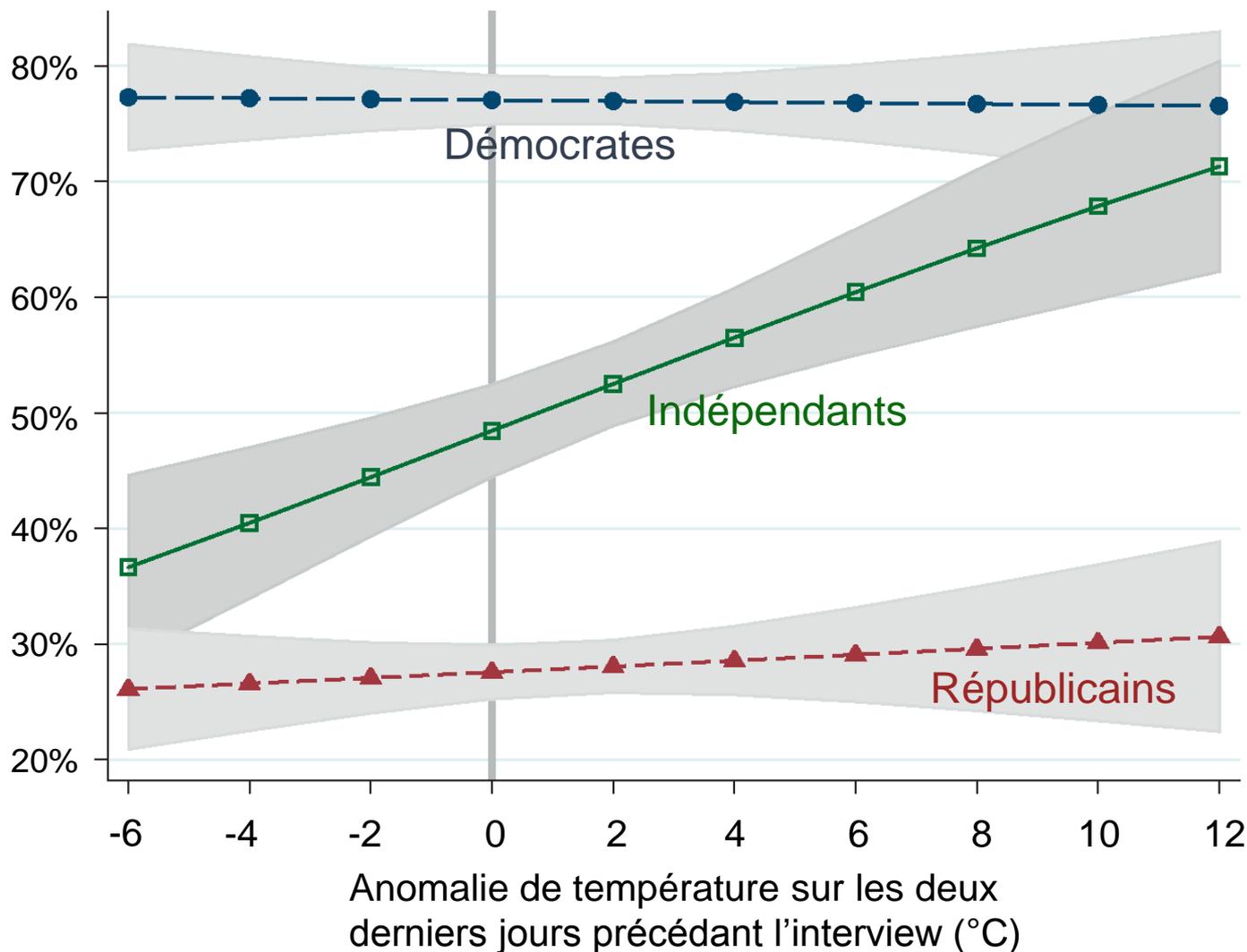
francois.massonnet@uclouvain.be
www.climate.be/u/fmasson

De nature curieuse?

www.climate.be/desintox
www.climatechange2013.org
www.skepticalscience.com
<http://earth.nullschool.net>

Météo et climat, deux choses (fort) différentes

Probabilité de l'existence d'un changement climatique actuel causé principalement par l'homme

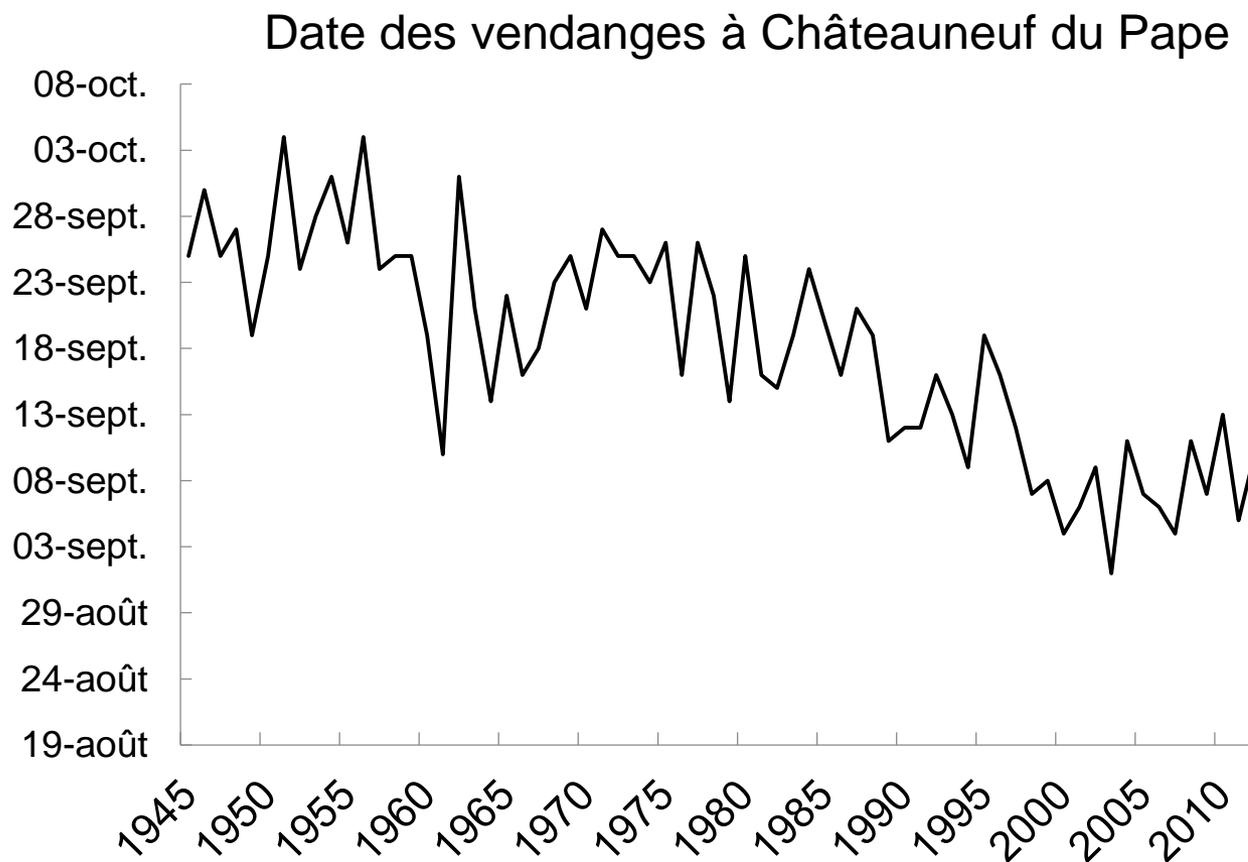


[Adapté de Hamilton et Stampone, 2013]

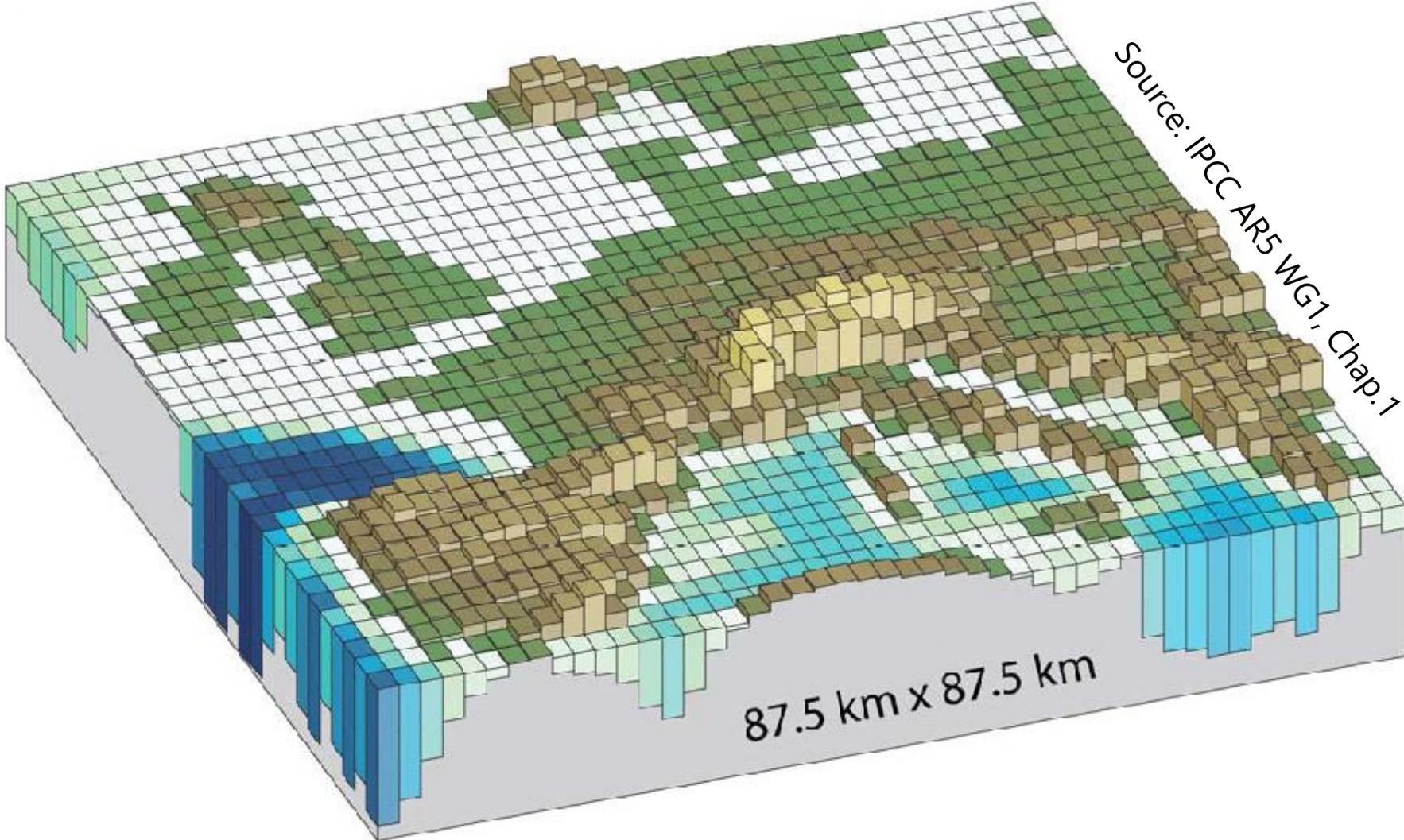
Les échelles climatiques sont
grandes pour un être humain



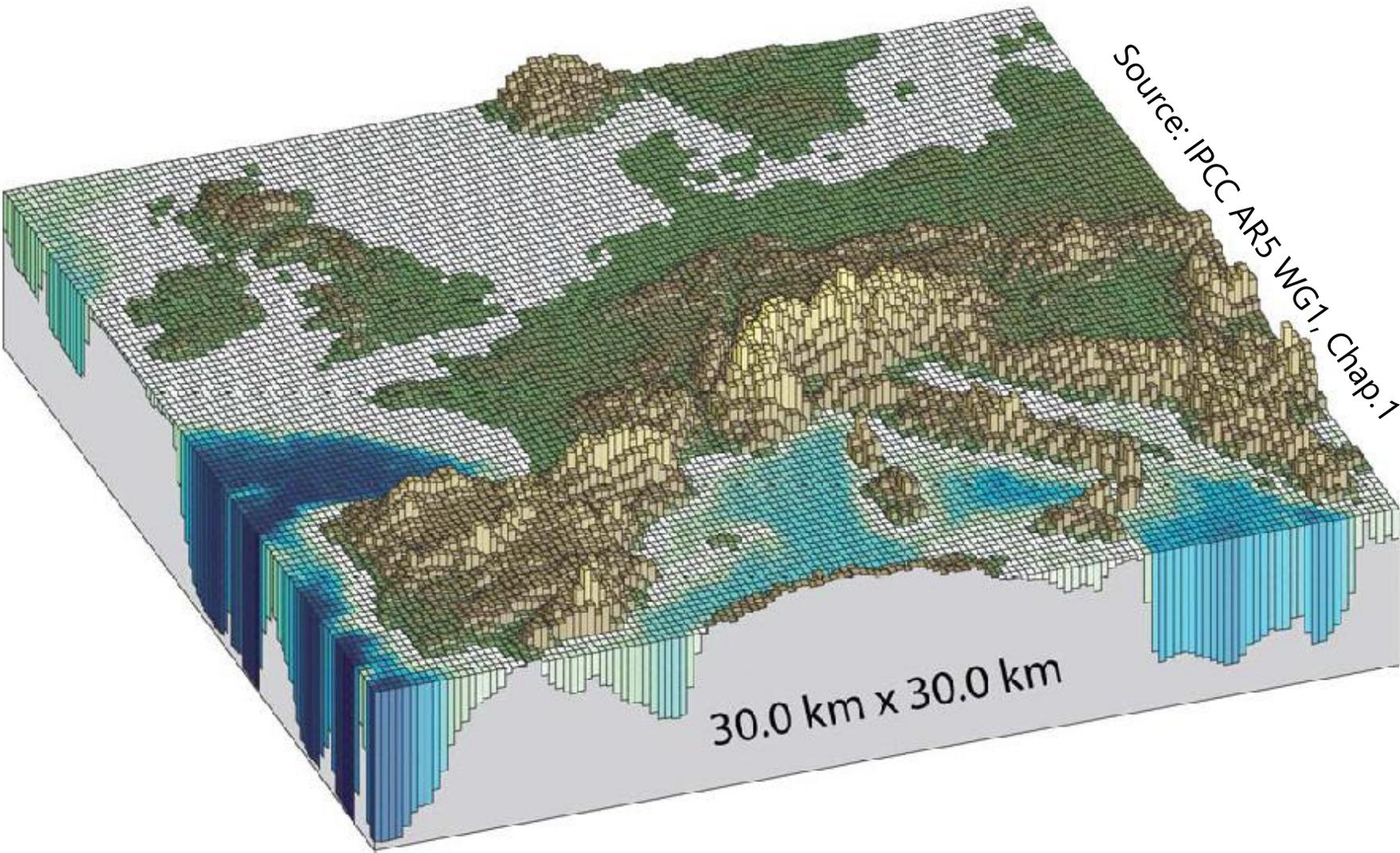
Percevoir le changement climatique, c'est possible



Vers une plus haute résolution

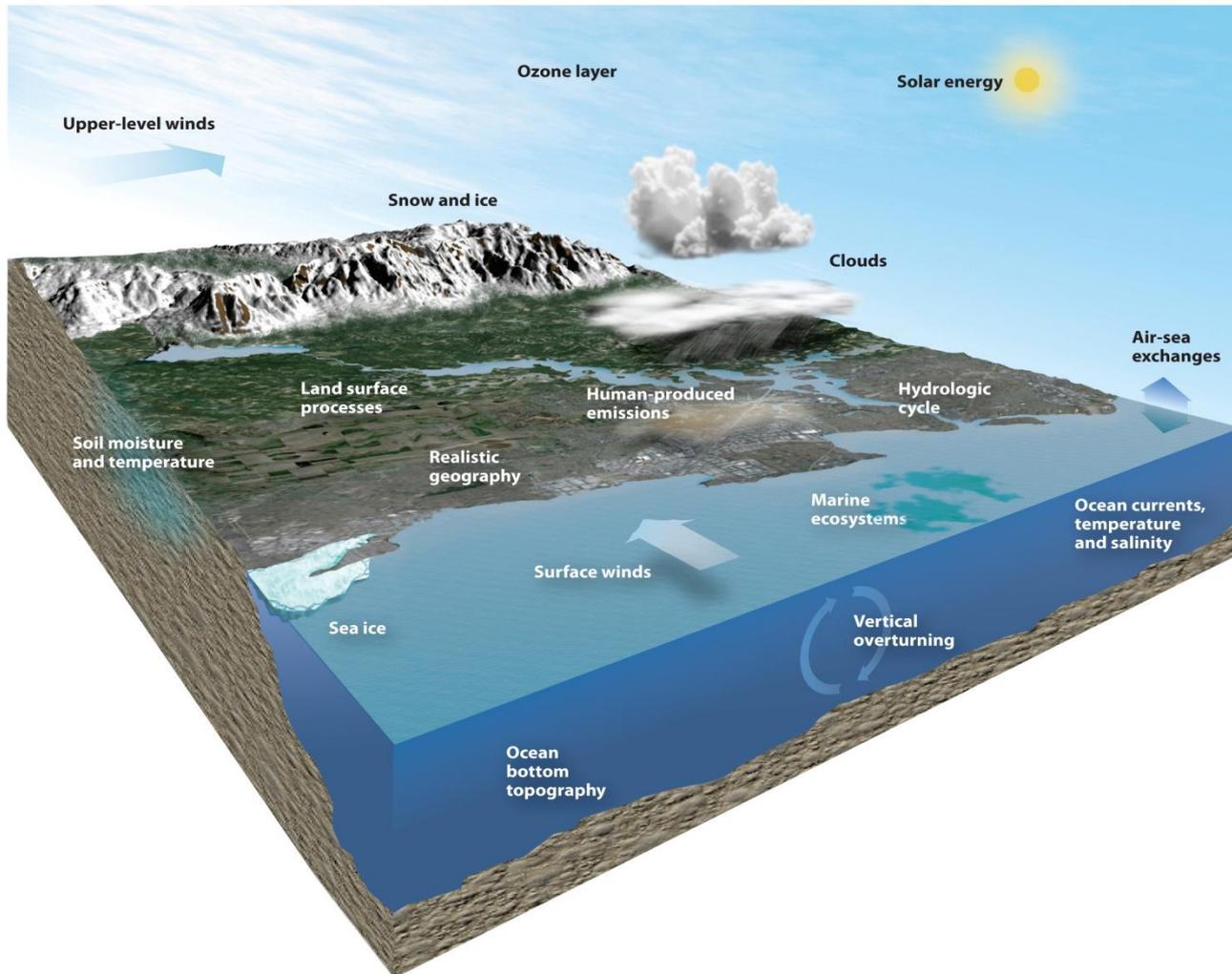


Vers une plus haute résolution



Source: IPCC AR5 WG1, Chap.1

Vers une meilleure représentation des processus



https://www2.ucar.edu/sites/default/files/news/2011/CESM_final.jpg

Bergen, Norvège



Grenade, Espagne

