

cri d'alarme de 15 000 scientifiques de tous pays (14 nov. 2017) :
« Il sera bientôt trop tard »

Pourquoi cette urgence climatique ?

Dérèglement climatique :
pourrait-il nous faire basculer
dans un nouveau
régime : la terre « étuve » ?

Plan

- Très rapidement : l'évidence du réchauffement/
les « émissions » de GES
- « Projections » (prévisions) : les futurs possibles
- Qui est responsable ?
- 2 points essentiels : irréversibilité / risque
d'emballement du réchauffement
- Les raisons d'espérer et d'agir

Pascal Devolder

- Directeur de Recherche CNRS (honoraire)
Laboratoire CNRS « Physico-chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère » (Université de Lille)
- Expertise : chimie atmosphérique (pollution air)
- Membre de l'observatoire régional du climat
(Hauts de France)

13 août 1941

Août 1941



31 août 2004

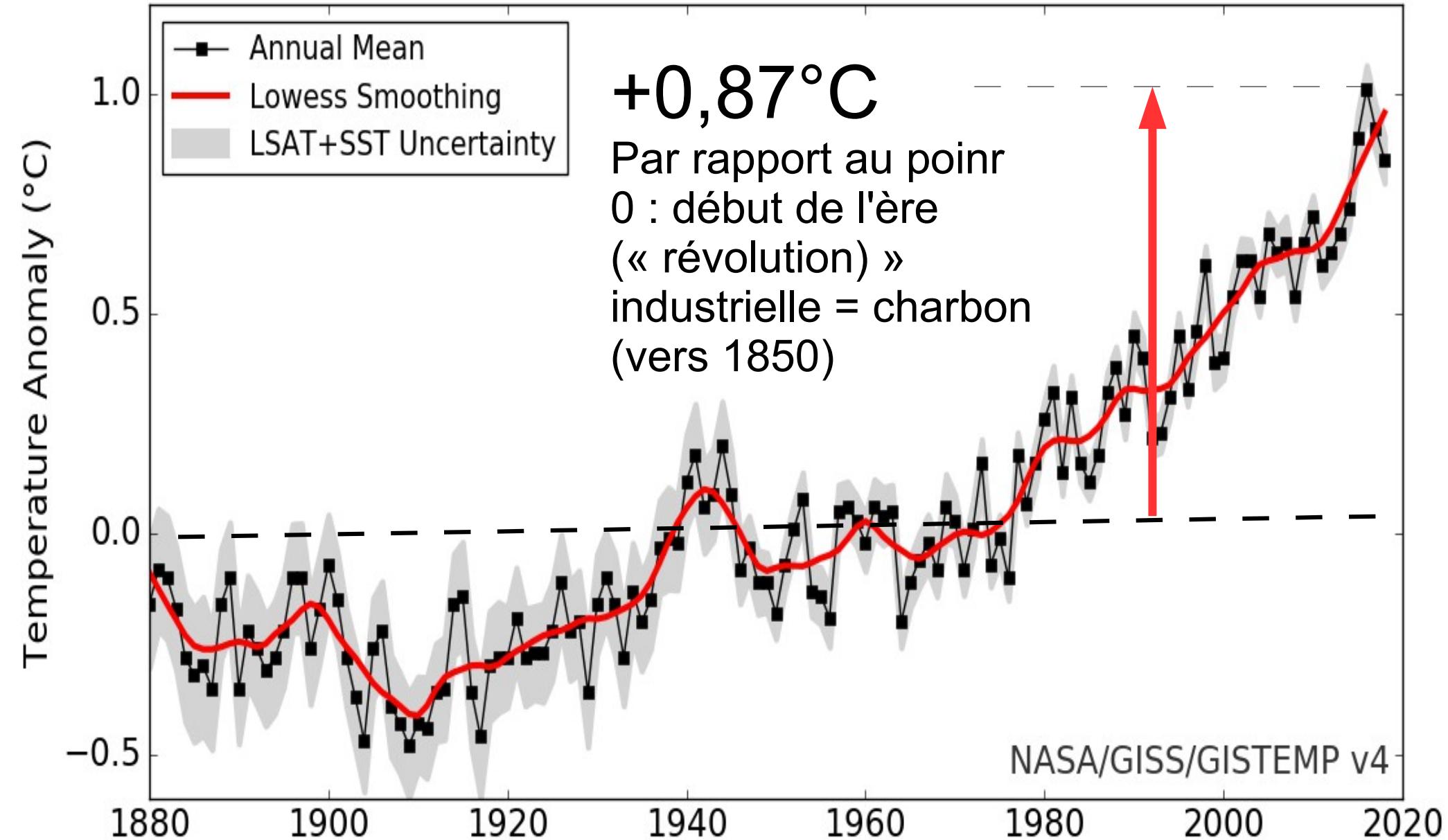
Août 2004



**Recul d'un
glacier en Alaska**

95% des glaciers terrestres fondent

Global Mean Estimates based on Land and Ocean Data



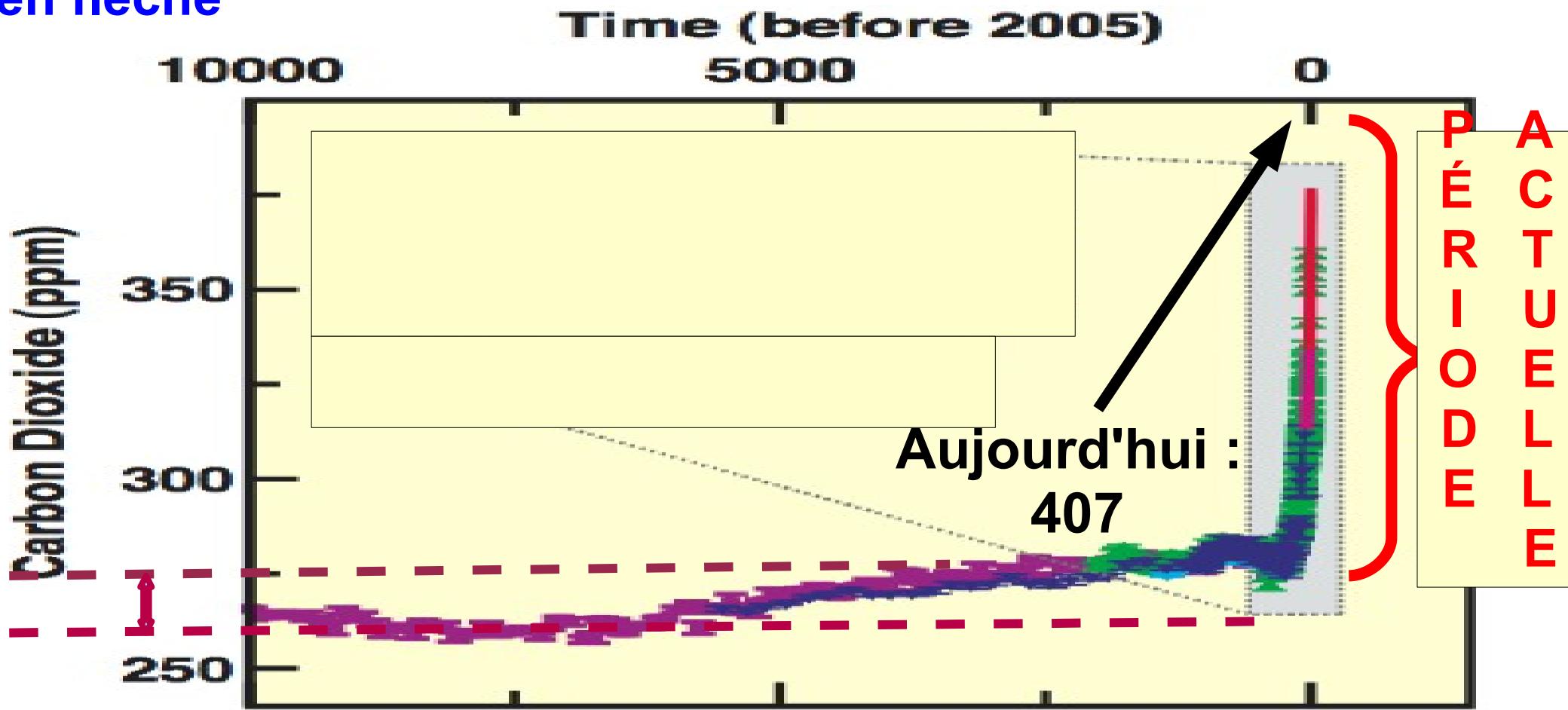
Sans doute possible, notre planète subit un réchauffement et qui s'accélère

- Les 20 années les plus chaudes depuis 1850 : toutes après 1997 :
 - 1ère: 2016
 - 2ème: 2017 remplacé récemment par 2019
 - 3ème: 2015
 - 4ème : 2018

Les responsables du réchauffement : les Gaz à Effet de Serre (GES)

- CO₂ : le plus important : issu des **combustions des « carburants fossiles »** charbon, pétrole (essence, etc), gaz naturel,
- Méthane=gaz naturel : fermentation dans : panse des bovins, tourbières, sols gelés
- **PROBLEME CENTRAL** : on n'arrive pas à juguler la montée des émissions de GES et encore moins à amorcer leur réduction

Concentration de CO₂ dans l'air depuis 10 000 ans : Après la révolution industrielle (accolade rouge) : une montée en flèche



Cette augmentation fulgurante témoigne de la violence de l'impact des émissions de l'ère industrielle

Depuis la révolution industrielle : une consommation effrénée d'énergies variées !

- Une bousculade irrépressible de consomm. d'énergies fossiles

De 1850 à 2000 : population mondiale **x 5**

consommation d'énergie **x 20** (surtout par pays industrialisés)

dont consommation carbur. fossiles **x 150** (pendant très

longtemps, essentiellement par pays industrialisés (riches)

- Un mode de vie de pays riches : non soutenable

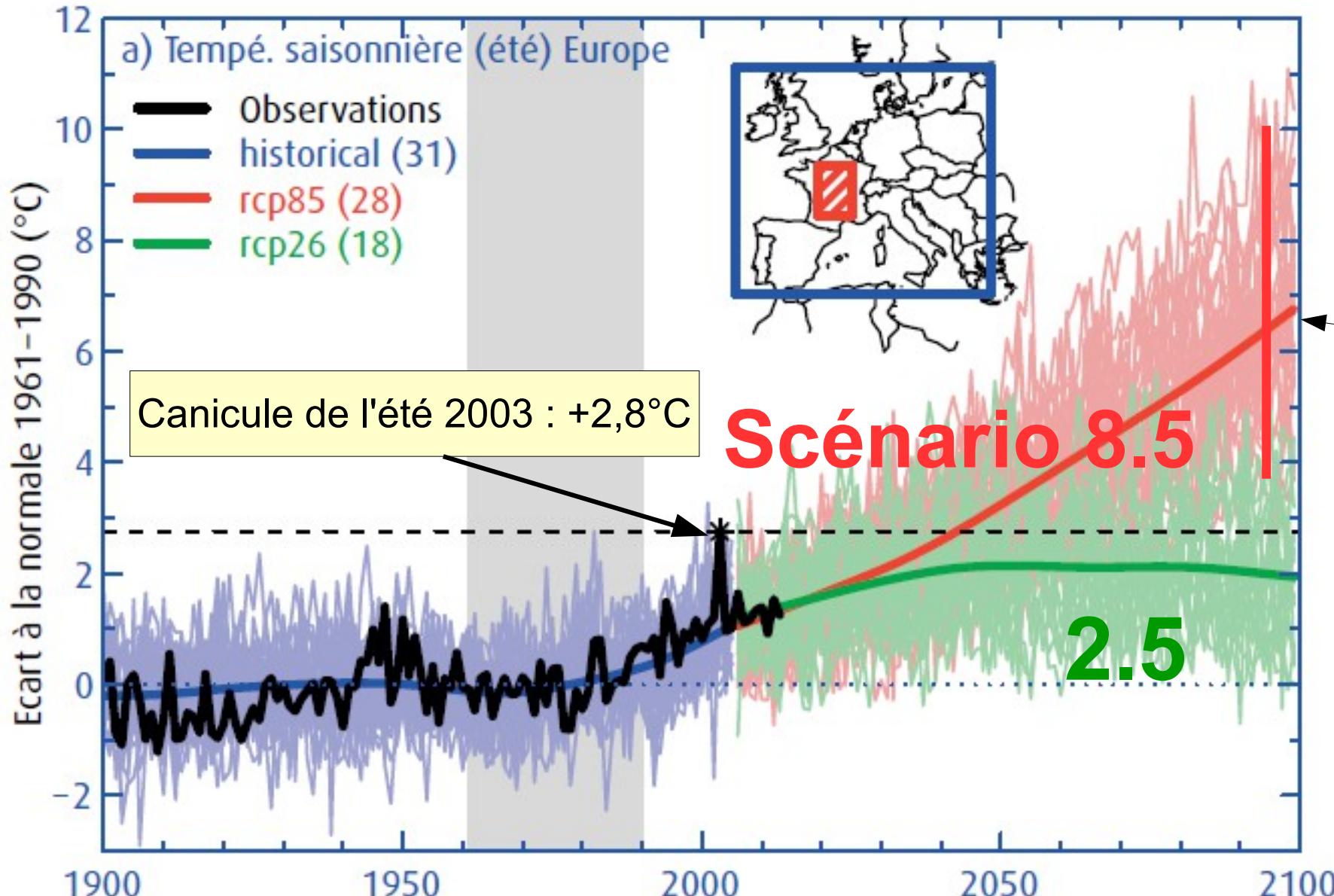
en 2050 : il y aura 9,5 Milliards d'humains

Si alignement sur le style de vie des Français ► consomm. énergie encore x10 (USA : x16)

Que prévoient les scientifiques : le GIEC ?

Groupement Intergouvernemental Etude Climat

- « Projections » de température jusqu'en 2100 : dépendent aussi des émissions futures de GES
- 2 scénarios extrêmes (diffèrent par ampleur des réductions des émissions qui seront consenties):
 - **Scénario 8.5 (pessimiste) « Business As Usual »(BAU)** : réduction très faible des émissions : c'est la trajectoire suivie jusqu'à maintenant
 - **Scénario 2.6 (espéré)** : réduction drastique et continue, accentuée en 2020, avec les meilleures technologies disponibles (non réalisé à ce jour)



**Projection
des changements
climatiques futurs**

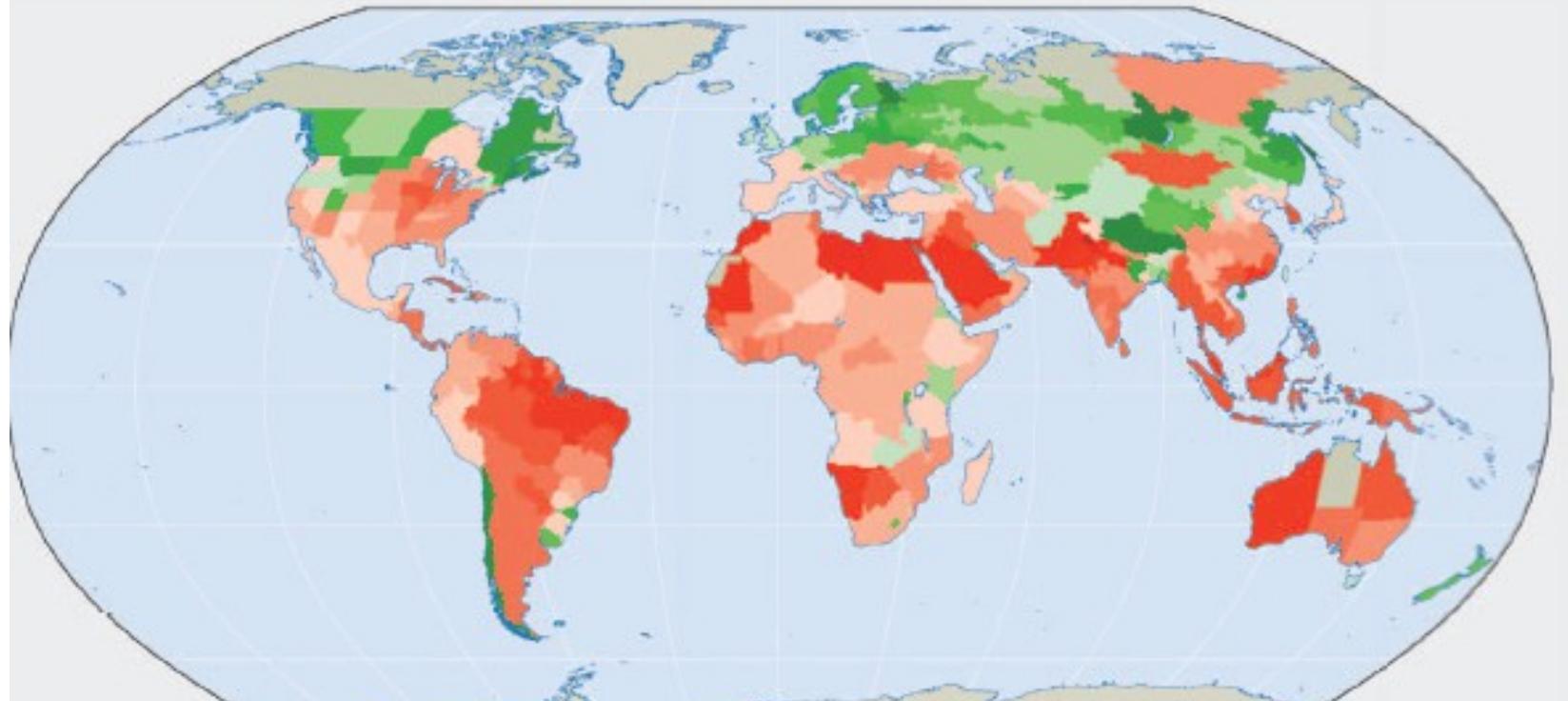
**Ecarts par rapport à la normale
(réf.:1961-1990)/les 3 mois d'été
/Europe**

Réch. Clim. : \uparrow temp. moyenne globale ($0,87^{\circ}\text{C}$)
mais quel impact en pratique ?

- \uparrow plus forte sur terres que sur les océans (car : chaleur nécessaire au réchauffement des masses océaniques >> réchauff. fine couche d'air de l'atmosphère)
moyenne globale : $+0,87^{\circ}\text{C}$; moyenne sur terres : $+1,53^{\circ}\text{C}$
- \uparrow plus forte dans les villes (54% popul. Mondiale, en \blacktriangle) :
« Ilôt de Chaleur Urbain »(ICU)
canicule de 2003 : $+6^{\circ}\text{C}$ entre 19^{ème} arron. et bois Vincennes
- $\uparrow\uparrow$ Nombre de jours très chauds : **$x6$ si $+1^{\circ}\text{C}$; $x20$ si $+2^{\circ}\text{C}$**
c'est un exemple de non-linéarité (non proportionalité) du réchauffement

Autres impacts encore plus importants :

- Evolution de la pluviométrie sur les continents
 - saisonnier : souvent étés plus secs, hivers plus humides
 - pluies plus irrégulières / ↑ évènements extrêmes :
pluies diluviennes entrecoupées de sécheresses intenses)
 - Or : dommages : causés par « évènem. extrêmes »
- ↓ Cryosphère : glaciers → ↓ disponibilité en eau ; calottes glaciaires (Groënland, Antarctique)
- Océans : - plus chauds, plus acides, moins oxygénés →
↓ coraux, ressources halieutiques
 - ↑ niveau (dilatation+fonte calottes) → invasions marines (% humanité + ports et industries) : Miami, Djakarta,
- **TOUT ENSEMBLE = bouleversements écosystèmes essentiels à la vie : nourriture [agricul./élev.]/ eau/pêche/bois → CRISE ENVIRONNEMENTALE ! ? RISQUES : *Conflits exacerbés ? (accès aux ressources)***



Percentage change in yields between present and 2050



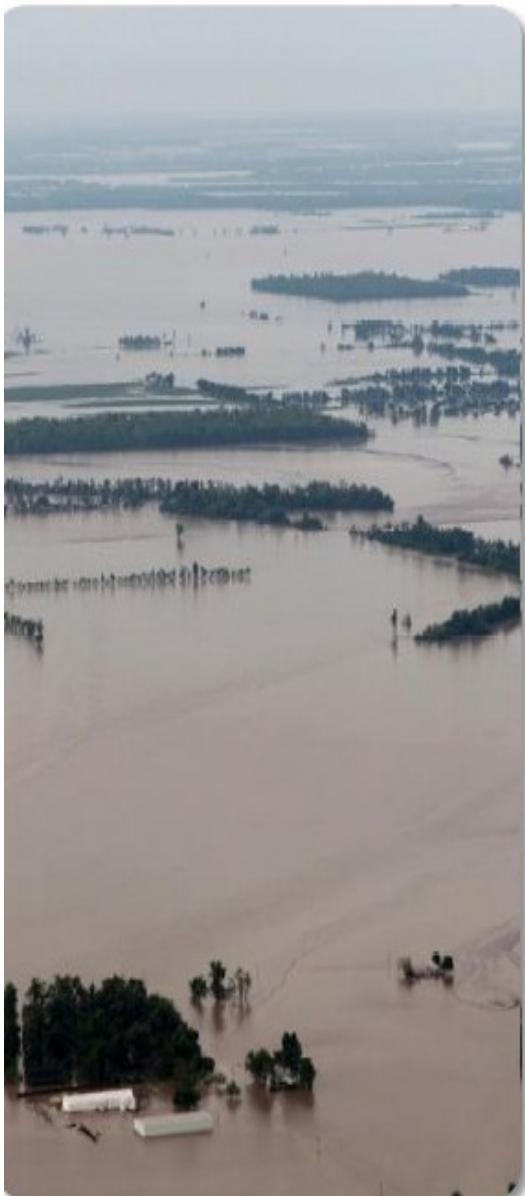
No data

Fig. 2. Global impacts of climate change on crop productivity from simulations published in 1994 and 2010. (Top) The 1994 study (22) used output from the GISS GCM (in this example) with twice national level using production statistics. (Bottom) The 2010 study (27) simulated changes in yields of 11 crops for the year 2050, averaged across three greenhouse emission scenarios and five GCMs. [Reprinted

Variation rendements agricoles d'ici 2050
Popul. Mondiale : de 7 à 9.5 Mds hab.

A changing climate leads to changes in **extreme weather** and **climate events**

INONDATIONS-----FEUX-----SECHERESSES---OURAGANS



Impacts sanitaires du réchauffement

- **Canicules** → stress thermique → pathologies : cardio-vasculaires, AVC
- Réchauff=Stimulation **pollution air**
- Maladies « **tropicales** », eaux polluées, vectorielles :Lyme, chikungunya, malaria, dengue, choléra, etc
- **Evènements extrêmes** → retombées psychologiques
- Addition de ces impacts : **Disruptions sociales** liées aux tensions, pénuries, migrations forcées (inondations, invasions marines, etc)

Qui est responsable du réchauffement? Nous tous mais de grandes disparités selon les humains

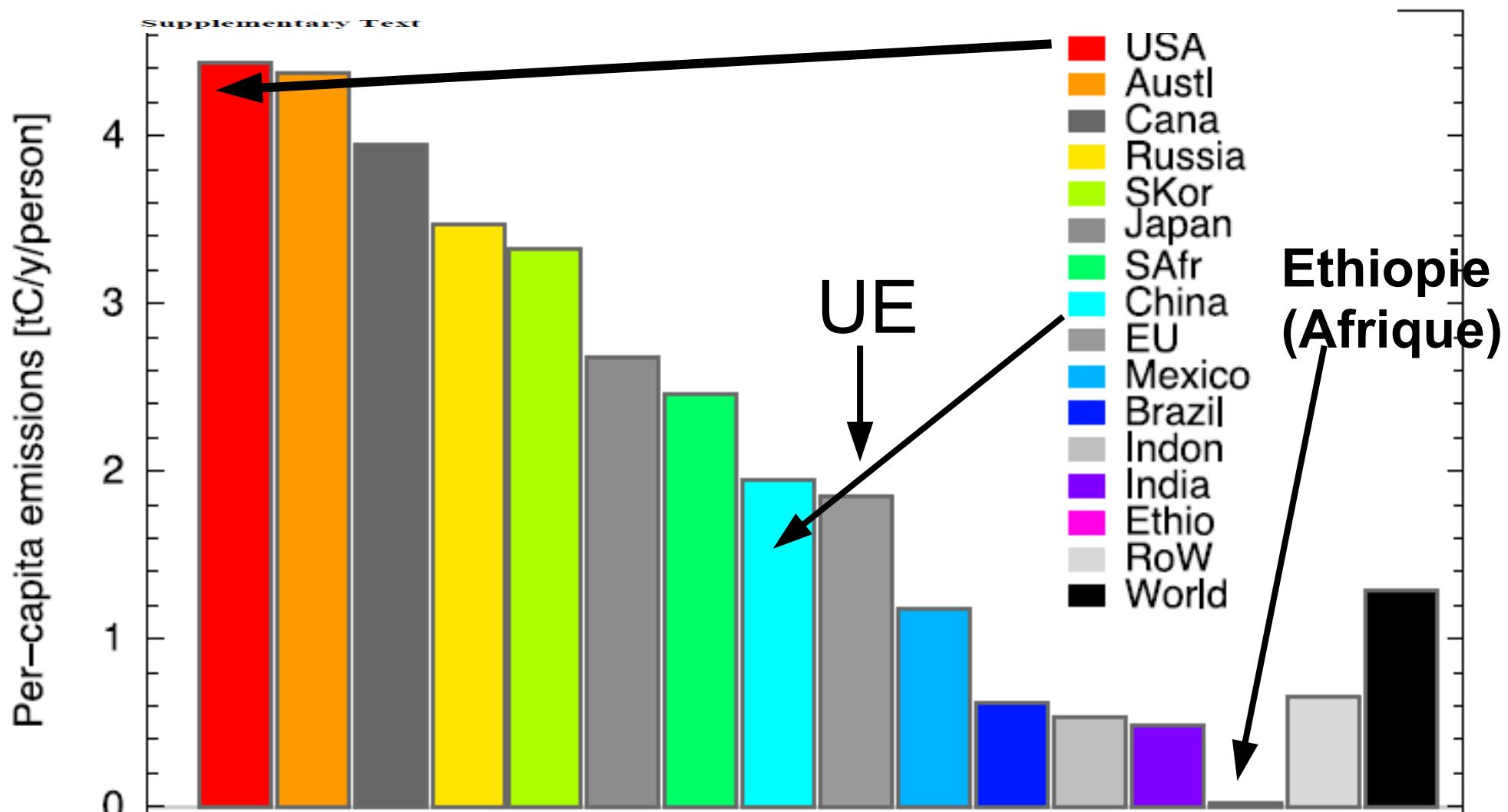
- Emissions annuelles par pays, par habitant du pays (de 1 à 100),
- Emissions directes, indirectes (« exportées »)
France : depuis 1990, directes :-7%, indirectes:+14%
Ex : La Chine émet une fraction de NOTRE CO2
- ONU :« Emissions communes mais différencierées »

Le plus important : les émissions cumulées

- Pourquoi : Le CO2 émis n'est éliminé que très lentement (30 à 40% est encore présent après 1000 ans) : capté par les écosystèmes (forêts) et dissous dans les océans
2019(100)+2018(98)+2017(96)+..... +1850
Cumul (CO2 "chauffant") : 100+98+96+...+presque 0
- la température atteinte : proportionnelle au total mondial des émissions cumulées jusqu'au 7 fev. 2020 / pour chaque pays c'est donc sa part (%) dans le total mondial cumulé qui définit sa propre responsabilité « climatique »
- Ex pour $<+2^{\circ}\text{C}$, moins de 800 Gtonnes de carbone
On connaît ce qui a déjà été émis à ce jour (2/3)
On calcule facilement qu'il reste moins de 30 ans d'émissions annuelles au taux actuel

Sharing a quota on cumulative carbon emissions

Michael R. Raupach, Steven J. Davis, Glen P. Peters, Robbie M. Andrew, Josep G. Canadell, Philippe Ciais, Pierre Friedlingstein, Frank Jotzo, Detlef P. van Vuuren, Corinne Le Quéré



EMISSIONS ANNUELLES PAR HABITANT en 2012

Supplementary Figure 6: Per capita CO₂ emissions from fossil fuels and other industrial processes (FFI) (top), per capita GDP (Gross Domestic Production by Purchasing Power Parity), and the emissions efficiency of GDP (GDP/Emissions), for 15 countries and regions, in 2012. See

Prévisions pour un continent très proche : L'AFRIQUE

3% émissions / presque zéro cumul /15 % population mondiale

▪ CONTEXTE

- Population: ↑ 2Mds (2050); à 60% paysans (Lagos, Kinshasa)
- Agriculture : très dépendante mousson (peu d'irrigation)
- Faible capacité d'adaptation (pauvreté, techn. agricoles)

▪ PROJECTIONS (GIEC)

- t° : +4°C fin siècle (plus marquée : Afrique Nord)
- ↓ pluies dans zones méditerranéennes
- Zones semi-arides (Sahel) → arides (extension déserts?)

▪ CONSEQUENCES PROBABLES

- ↑ fréq. mauvaises récoltes, ↓ rendements agricoles (sauf Est)
- Sécheresses récurrentes = aussi menaces sur le bétail
- Graves et récurrentes pénuries d'eau
 - Multiplication conflits ? (accès ressources : eau, terres)
 - Déplacés/réfugiés climatiques (millions?) aux portes Europe !

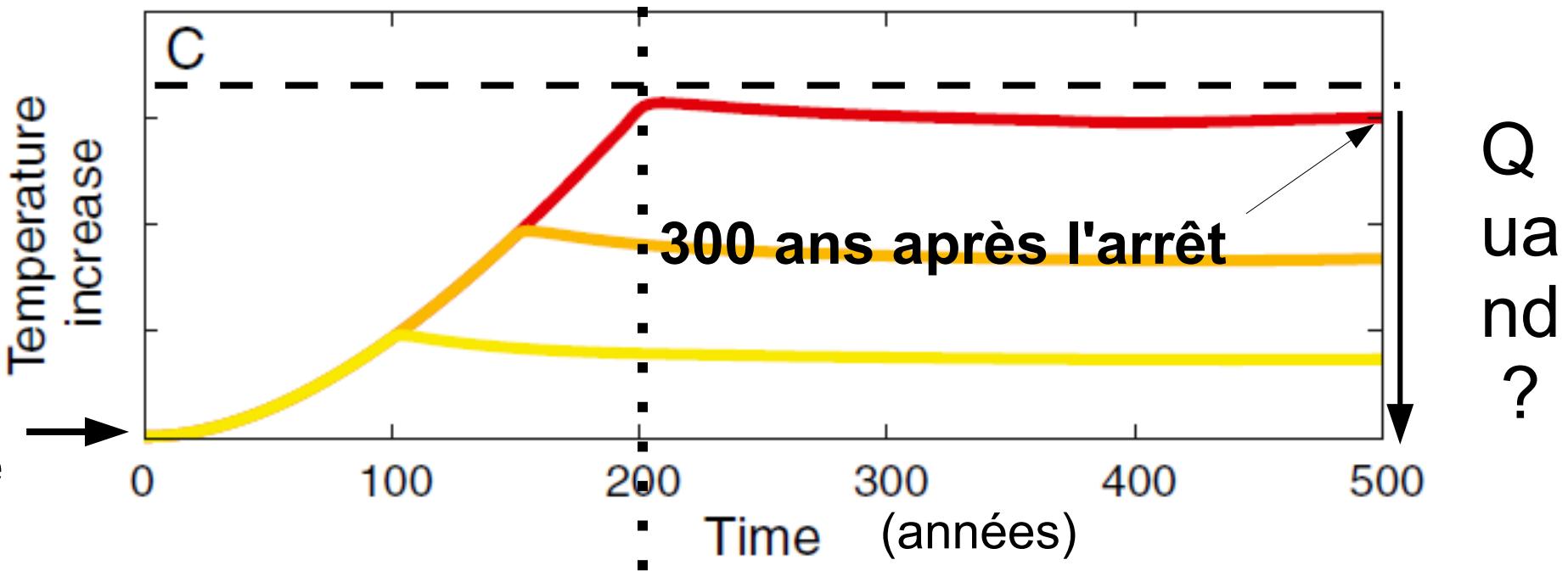
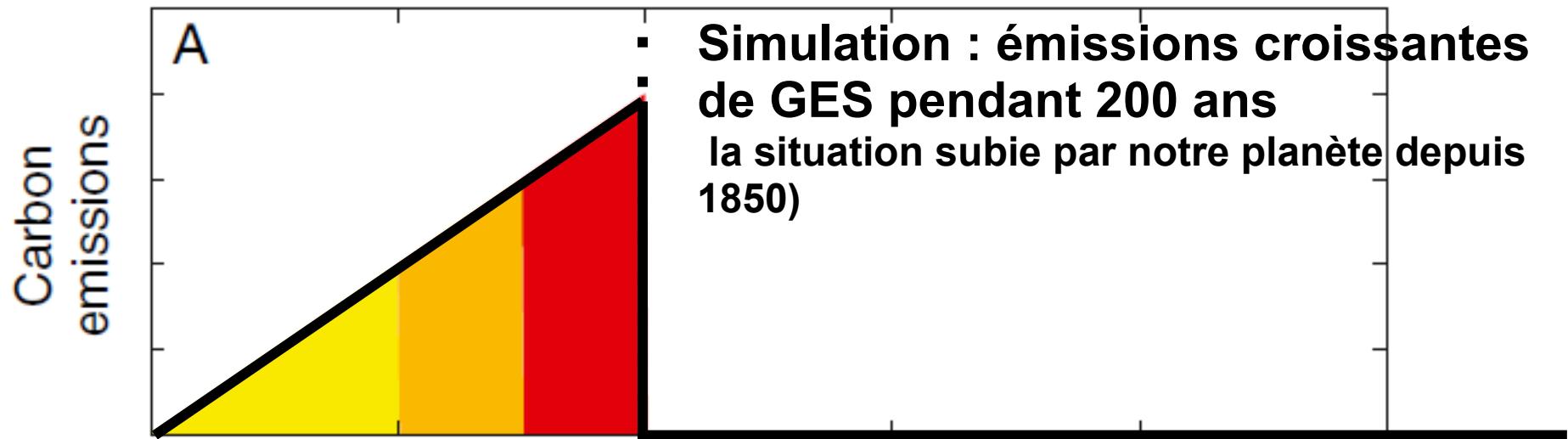
CONTINENT le plus VULNERABLE ! Que des dommages !

COP 21 (déc.2015) « les accords de Paris »

- « Tout faire pour contenir le réchauff. nettement sous les 2°C »[seuil dangereux] et tendre vers zéro émission avant 2050 (neutralité carbone)
- Chaque pays s'était engagé pour une réduction de ses émissions (d'un certain montant) d'ici 2020/2030:**promesses fermes ou conditionnelles**
- Pb : l'addition des **promesses** ► au moins +3 à +4°C vers 2100: **la bombe climatique n'est pas désamorcée**
 - augmentation des contributions tous les 5 ans
 - Pour <2°C : faut émissions « négatives » : on retire du CO2 de l'atmosphère : pas réaliste

1^{ere} question : peut-on revenir en arrière ?

- Quelle serait l'évolution de la température après arrêt total des émissions*vers 2040/2050, ce qui est l'objectif des accords internationaux sur le climat ?
- Y a-t-il un retour rapide aux conditions d'avant l'ère indust., qui ont permis depuis 10 000 ans le succès de homo sapiens (holocène : invention de l'agriculture et sédentarisation) ?
- * soit arrêt total soit « neutralité carbone »



Diminution extrêmement lente de la température : il faudra des millénaires pour annuler le réchauffement = revenir à la température initiale!

Les 2 causes de l'inertie de la « machine climatique »

- Le temps de résidence du CO2 dans l'atmosphère
(diapo précédente : cumul)
- La restitution de chaleur par les masses liquides
(océans) qui ont été réchauffées depuis env. 1850

Les océans captent 95% de la chaleur émise par le CO2 « en excès » → après ▼ du CO2 atmosph. , les océans restitueront très très lentement la chaleur accumulée pour revenir à la situation pré-industrielle.

- *Machine climatique ≈ gros paquebot (Titanic?) = retour en arrière prendrait plusieurs millénaires + inertie infrastructures énergétiques*

L'inertie de la machine climatique confère une certaine irréversibilité au réchauffement

- le CO2 émis des décennies en arrière continue de chauffer l'atmosphère = *on est “rattrapé par son passé”*
- On a déjà modifié durablement le cadre environnemental (climat, biodiversité, etc) de la planète et dans lequel vivront les générations futures
= *question éthique : l'état dans lequel on laisse la planète*
- Responsabilités différenciées (les 4 plus gros émetteurs: Inde et Chine: 1400 Mlns hab., UE: 500, USA: 330)
 - émissions annuelles: 1er=*Chine*/ 2=*USA*/ 3=*UE*// 4=*Inde*
 - cumulées : 1er=*USA*/ 2=*UE*/ 3=*Chine*//4=*Ind*
 - Annuelles par habitant : 1er=*USA*/ 2=*Chine*=*UE*// 4=*Inde*

2^{ème} problème : le risque de franchissement de seuils en cascade = emballlement

- Exemple de seuil : fonte totale de la banquise arctique si +2°C ? → la glace blanche qui renvoie l'énergie solaire vers l'espace : remplacée par une surface océanique absorbante sombre → davantage de chaleur solaire captée d'où accélération du réchauffement arctique (boucle infernale)
- Seuils en cascade : disparition banquise → dépérissement forêts (Amazone, taïga) → fonte Groenland et Antarctique
- La trajectoire climatique n'est alors plus contrôlée par les GES d'origine humaine (l'arrêt de nos émissions n'a plus d'effet = **freinage impossibile**)

Quelques évidences : peu d'incertitudes sur ce qui nous attend si on poursuit sur notre lancée actuelle

- Le réchauffement : extraordinaire par sa rapidité
- Risques de sauts dans l'inconnu (vers planète étuve)
- Déjà : des impacts sévères, étendus, +- irréversibles : des populations vulnérables [Bangladesh*, Sahel, etc], des zones fragiles (Australie, zones à ouragans) mais affectera directement toutes les sociétés humaines
- Redoutables conséquences géopolitiques possibles : migrations massives, pénuries, conflits violents, etc
- Pénalisera les générations futures

NOS ENFANTS : VOUS SAVIEZ, QU'AVEZ-VOUS FAIT ?
(nos grands-parents, eux, ne savaient pas!)

Stopper la descente aux enfers : quelle transition?

- On peut changer : systèmes économiques, modes de vie mais **pas les lois de la physique**
- **L'inaction n'est pas une option car « punitive »** : coûts humains et monétaires astronomiques : *inondations +sécheresses+canicules+feux+pertes récolte+pollution aggravée+évacuation zones côtières, ouragans, etc, etc*
- Pas de freinage réchauff sans **réduction des inégalités**
 - entre pays riches/pauvres (800 Millions :1% émiss.)
 - entre catégories sociales(taxe carbone)
- Redéfinir ensemble les objectifs de développement de la société en intégrant les contraintes de « l'environnement »
→réduction consommation d'énergie fossile et certains biens matériels/- de gaspillage : **faire des choix**
- Réticence au changement : **bénéfices de l'atténuation** : santé/emplois non délocalisables/ indépendance énergétique, etc

Comment peser en local/régional ?

- Collectif : influer sur les **institutions/décideurs** (des municipalités aux états, etc), l'économie (secteur marchand) et la finance (écon. sociale solidaire, placements « propres ») etc
- Individuel : multitude de **petits gestes** (logement, transport, alimentation, etc)
- Vulnérabilités régionales : littoral/ wateringues/ canicules et sécheresses/zones humides/argiles/eau

TRES facile

- Baisse temp logement (-8 à 10% par °C)
- Pas de clim en voiture / douche au lieu de bain
- Adultes et enfants : ne pas regarder la pub (/habits/2002 :+60%, moitié moins longtemps):

FACILE

- -moins de voiture (ex du vélo pays voisins)/ petite voiture ou hybride
- Moins de viande, surtout bœuf (1kg boeuf=60 km voiture+ beaucoup d'eau)
- Réduire laitages,
- Régime alimentaire plus végétarien/ produits locaux et de saison

ASSEZ DIFFICILE

- Pas d'avion
- Pas acheter Américain, Canadien,etc car empreinte carbone max
- Covoiturage
- Isolation thermique du logement (coût)
- Pas de commande de produits livrés en 24h

DIFFICILE

- Utiliser transports en commun
- Réduire consommation d'objets manufacturés

Chaque ménage français : 100 appareils électriques et électroniques

- Nos parents et grand-parents : plus sobres (par nécessité) mais ont-ils été malheureux par manque de biens matériels?

Climat/pollution/santé : double bénéfice

- combustion des fossiles = **CO2+polluants** (oxydes d'azote, particules, etc)
Moins de GES= moins de polluants →moins d'allergies, asthme, etc
- **Canicules**→stress thermique→pathologies : cardio-vasculaires, AVC
- Plus chaud= plus de Maladies « **tropicales** », **vectorielles** : Lyme, chikungunya, malaria, dengue, choléra, etc
- **Evènements extrêmes (tempêtes)** →retombées psychologiques

En F, 100 appareils électriques ou électroniques par ménage

SdeBains

Rasoir, épilateur, sèche-cheveux, brosse à dents électrique,

SALON

Radios, TVs, ordinateurs, imprimante, tablette, chaîne HIFI, livebox, appareils photo, téléphones

CUISINE

Plaque électrique, four, mixeur, micro-ondes, radios, frigo, lave-vaisselle, robot ménager, cafetière électrique, bouilloire, grille-pain, appareil raclette, friteuse, yaourtière/sorbetière, barbecue électrique

Autres

Smartphone,

BUANDERIE

Lave linge, sèche-linge, fer à repasser, congélateur

CHAMBRES (adultes et enfants)

TV, ordinateur, radio-réveil, tablette

ATELIER

Perceuse, scie circulaire, scie sauteuse, visseuse, etc

Les émissions « négatives » : un pari très risqué

- BECCS** : Biogenic Emissions with Carbon Capture and Storage : *on plante une forêt /elle capte du carbone / combustion/capture du CO2 émis/enfouissement ds couche géologique profonde = du CO2 atmosph éliminé*
- la plupart des scénarios nécessitent BECCS dès 2030
- Pb : **faisabilité**(coût), **d'acceptabilité sociale**,
 - La technique** : Une seule installation pilote(petite échelle)/pb de logistique (transport du bois et du CO2)
 - L'économie** : coût très élevé
 - Surfaces très étendues** (double surf. Inde)→compétition avec alimentation
- = **obstacles énormes et peut-être infranchissables**
- Intérêt des décideurs pour BECCS : solution technique « miracle », horizon lointain ≠actions indiscutablement efficaces mais plus difficiles : la réduction des émissions

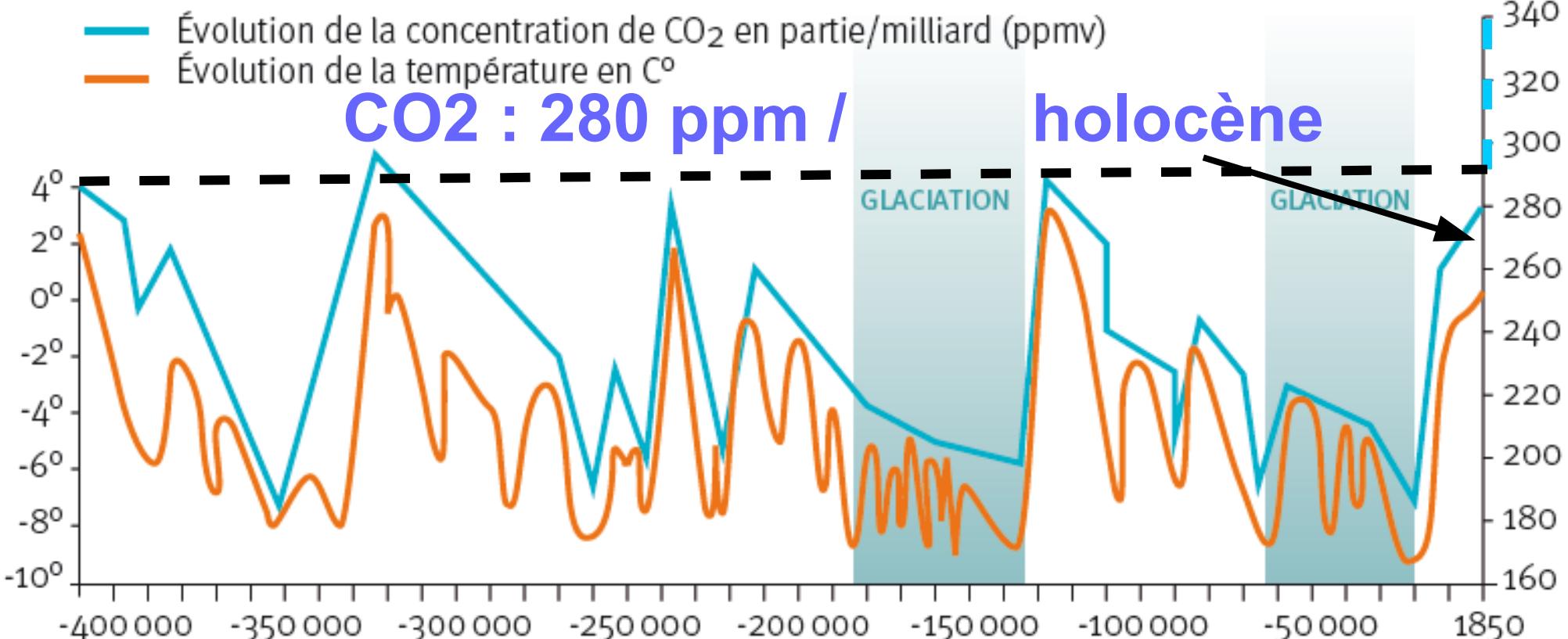
EFFETS GENERAUX de la POLLUTION de l'AIR

une augmentation du **risque cardiovasculaire** (infarctus, arythmie ventriculaire, insuffisance cardiaque, **AVC**) ;

- ▶ une augmentation des cancers du poumon et de la vessie ;
- ▶ une augmentation des leucémies chez l'enfant ;
- ▶ une augmentation de l'**asthme** (plus de nouveaux cas et plus d'exacerbations) et des bronchites chroniques ;
- ▶ une augmentation des **allergies** ;
- ▶ **des effets nocifs pendant la grossesse** : augmentation des naissances prématurées et des petits poids à la naissance, diminution de la capacité pulmonaire et augmentation de l'asthme lié à la surexposition aux particules fines pendant la grossesse ;
- ▶ **des troubles cognitifs** chez les personnes âgées et les enfants.

Aujourd'hui (anthropocène) : 405 ppm

Concentration en CO₂ et variations des températures à l'échelle géologique
(de -400 000 ans à 1850)

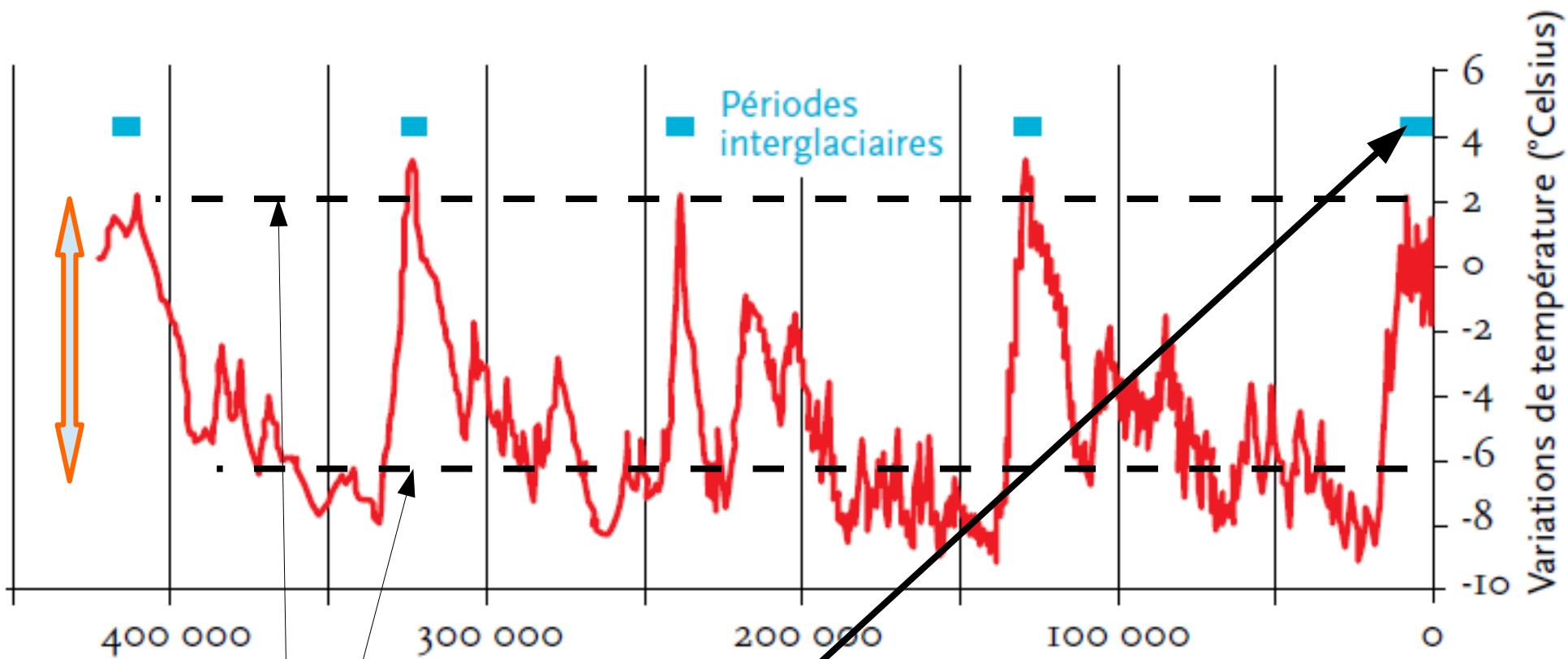


Localisation des masses d'eau	Equivalent en termes de montée des eaux
Groenland	6 mètres
Péninsule antarctique	5 mètres
Calotte antarctique occidentale	5 mètres
Calotte orientale	50 mètres
Ensemble des glaces	77 mètres

Tableau I – Masses d'eau des pôles exprimées en montée potentielle des eaux

CYCLES DU CLIMAT OBSERVÉS DEPUIS 420 000 ANS

Changement de température à Vostok, Antarctique. Les périodes interglaciaires apparaissent en bleu. (Source: http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/vostok/jouz_tem.htm)



De courtes périodes interglaciaires, d'environ 10 000 ans, (comme actuellement : **l'holocène**) séparées par des longues périodes glaciaires d'environ 100 000 ans

5 à 8°C de différence en **température moyenne**

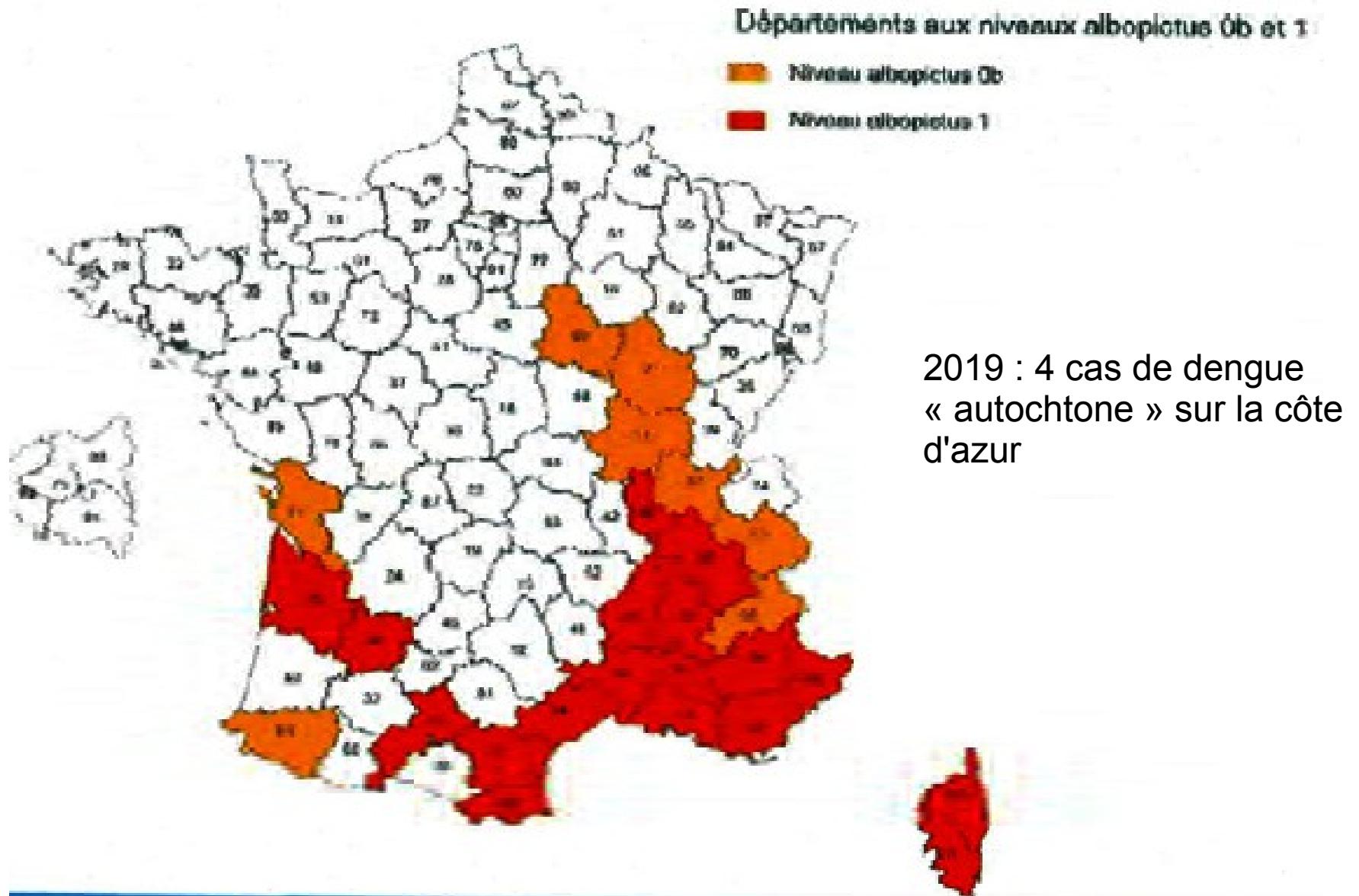


Figure 3 : Classement des départements au 1^{er} décembre 2013 quant à la présence du moustique tigre, *Aedes albopictus* (Source : Chanaud, 2013).