



# **Les changements globaux dans les programmes de géographie en lycée professionnel**

**Académie de Nantes**

**Jeudi 15 février 2024**

**Caroline Laurent-Varin Emin**

**Professeure de géographie CPGE Lettres lycée Fénelon Clermont-fd**

**Doctorante UMR Territoires**



*Dans les  
programmes de  
géographie de  
lycée  
professionnel :*

*Au centre du  
programme du  
cycle terminal  
(Première bac pro  
et Terminale bac  
pro)...*

*« Entendus comme liés au changement des conditions climatiques et aux changements imprimés aux écosystèmes par les activités humaines, les changements globaux posent des défis mondiaux. Pour répondre à ces défis, l'Organisation des Nations unies a défini en septembre 2015 dix-sept objectifs de développement durable, interdépendants, constituant les leviers pour parvenir à une situation mondiale qui permette d'envisager un avenir meilleur et plus durable pour tous »*

**Première bac pro:** une mise en perspective de ces enjeux à travers deux catégories spatiales:

- Les *espaces urbains* « La nécessaire transition écologique questionne ce modèle de développement urbain »
- L'*Afrique*, un territoire en recomposition: « De multiples acteurs économiques, publics ou privés, contribuent à l'émergence de nouvelles dynamiques spatiales pouvant conduire à des recompositions territoriales »

**Terminale bac pro:** « L'utilisation croissante de *ressources non renouvelables* et leur raréfaction, l'accélération de *l'érosion de la biodiversité* et le *changement climatique* conduisent à des changements. Les 17 objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies portent sur l'éradication de la pauvreté, l'accès équitable aux ressources et donnent des clés pour relever le défi des *changements globaux* »

*Dans les  
programmes de  
géographie de  
lycée  
professionnel :*

... consolidée par  
une approche  
progressive au  
cours des cycles  
précédents

- **CAP:** « Le *changement climatique*, les questions environnementales et de santé humaine, la gestion des ressources et les inégalités croissantes de développement sont des questions majeures du XXI<sup>e</sup> siècle. Le monde connaît des transformations que l'on peut regrouper sous le terme de *transitions* (entendues comme une phase de changements profonds). Il s'agit de donner aux élèves de CAP les moyens de les comprendre et de pouvoir agir en citoyen »
- **3<sup>ème</sup> prépa métier:** le croisement de disciplines préconise de traiter « *la transition écologique et le développement durable* » en géographie.
- **Seconde bac pro:** « l'enseignement de la géographie conduit à une réflexion sur l'espace, sur le territoire approprié, aménagé et transformé par les êtres humains pour répondre à leurs besoins »

« il s'agit d'un enseignement émancipateur et porteur de citoyenneté qui éclaire les grands défis du XXI<sup>e</sup> siècle en particulier les défis liés à l'*environnement* et aux *objectifs de développement durable*. »

## **Enseigner les changements globaux en lycée professionnel**

Les programmes ont intégré les enjeux environnementaux comme perspective de l'analyse spatiale

Une nécessaire mise au point scientifique pour maîtriser le sens de vocabulaire notionnel et les modalités spécifiques d'analyse

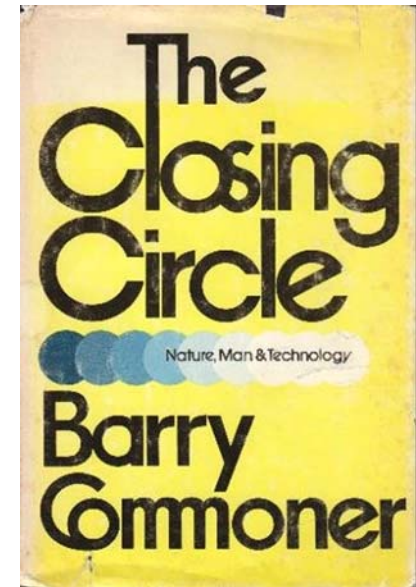
La géographie une discipline qui propose de comprendre la complexité des phénomènes décrits: approche systémique et multifactorielle.

# Une mise au point scientifique

## Les changements globaux

- Global change = changement des conditions climatiques
- Les enjeux de la croissance et des choix des systèmes productifs: Rapport Meadows "Halte à la croissance" 1972
- En France, élargissement à l'ensemble des effets environnementaux

→ Que signifie "global"? Un terme ambigu  
Attention: changements globaux vs/ dégradations environnementales



Global et  
globalization :  
« le système  
Terre est de  
plus en plus  
intégré en  
articulant le  
Monde au  
globe » Christophe  
Grenier (article)

# Changements globaux

« changements profonds dans le fonctionnement de la planète qui sont provoqués par des actions localisées dont la multiplication génère des transformations globales »

*Échelle mondiale / Échelle globale*

- Changements climatiques
- Érosion de la biodiversité
- Changements des usages du sol
- Désertification
- Océans
- Changement des cycles (azote, phosphore, eau,...)
- Pollutions (rôle des économies carbonées)

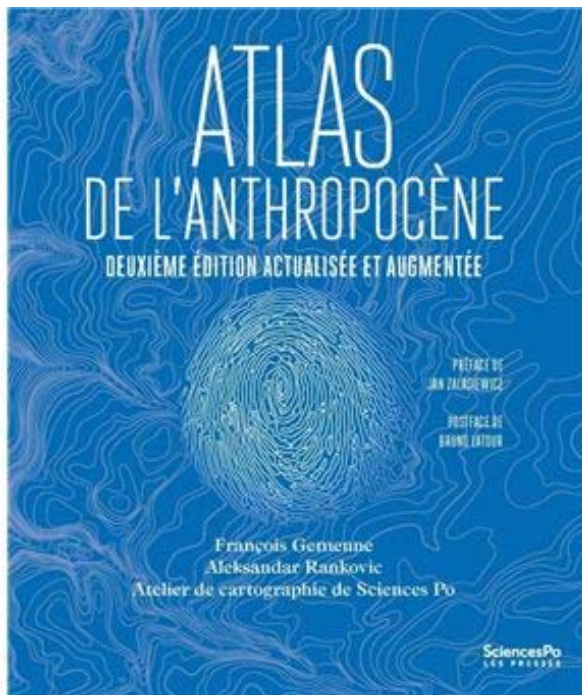
**INEGAUX**



# Anthropocène

L'Anthropocène désigne la période la plus récente de l'histoire de la terre au cours de laquelle « l'environnement » global est - ou a été ?- modifié par les sociétés humaines.

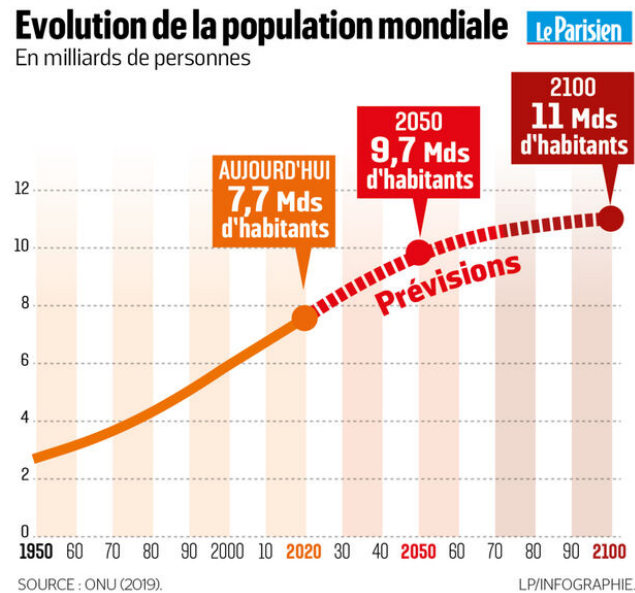
Joseph CRUTZEN, prix Nobel de chimie en 1995



**Anthropocène** est un néologisme construit à partir du grec ancien **ἄνθρωπος** (*anthropos*, « être humain ») et **καινός** (*kainos*, « nouveau »), en référence à une nouvelle ère où les activités humaines ont un impact significatif et global sur les écosystèmes planétaires. Débutée à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle avec la révolution industrielle, elle succéderait, selon le Néerlandais Paul Josef Crutzen, prix Nobel de chimie, et le biologiste américain Eugène Stoermer, à la période dite holocène en tant que nouvelle époque géologique.



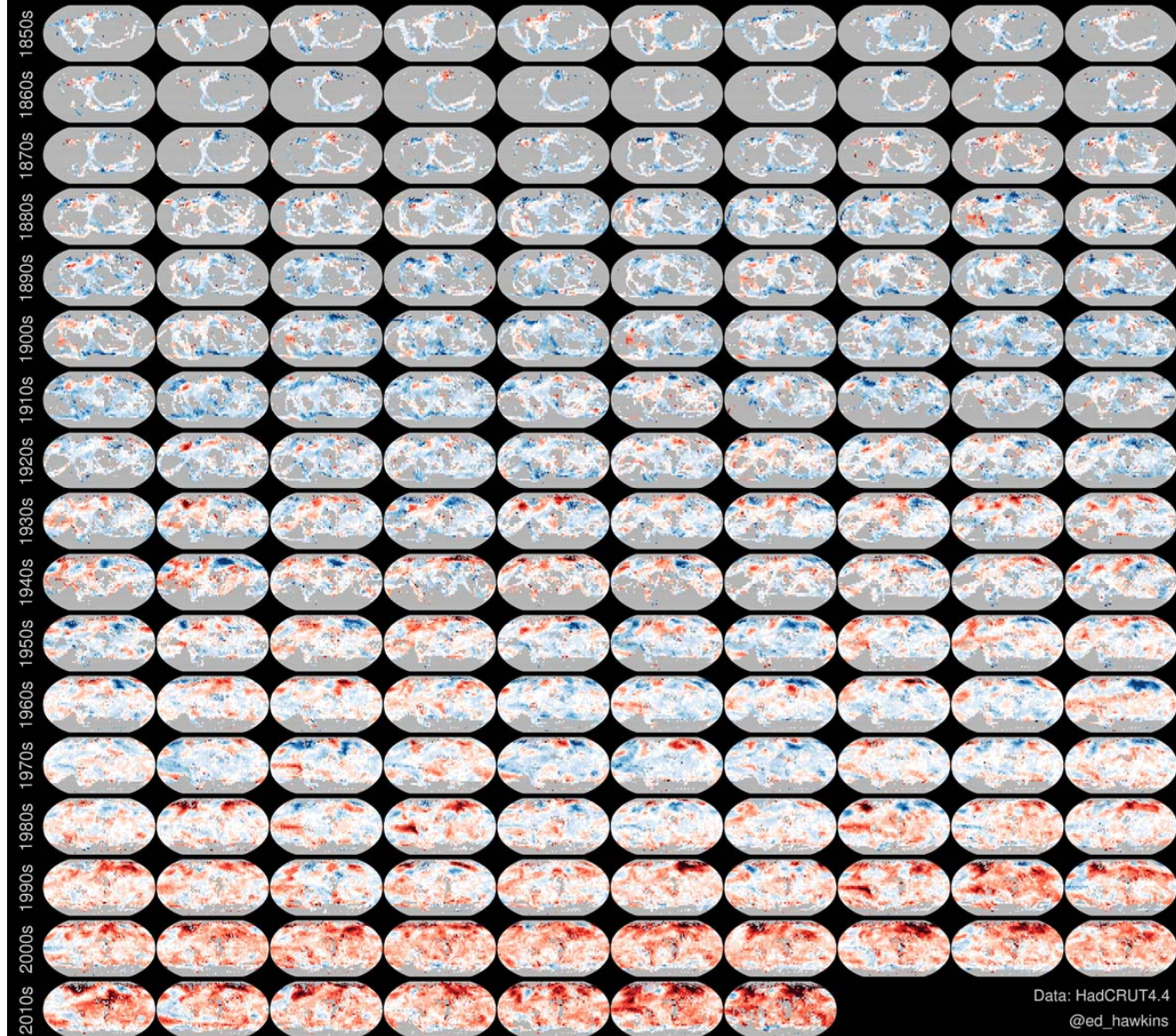
# Une grande accélération



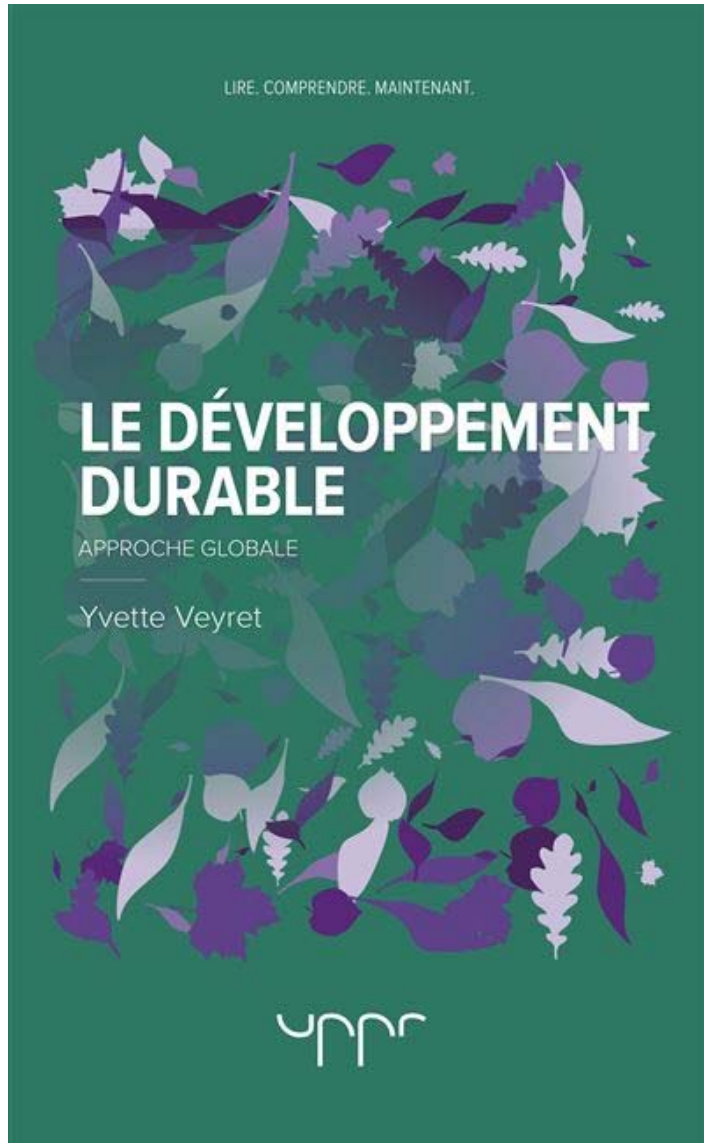
## oekoumène

Le terme désigne l'espace de vie des hommes à la surface de la planète, l'ensemble des espaces terrestres habités par l'humanité

Mapping global temperature changes: every year from 1850 to 2016







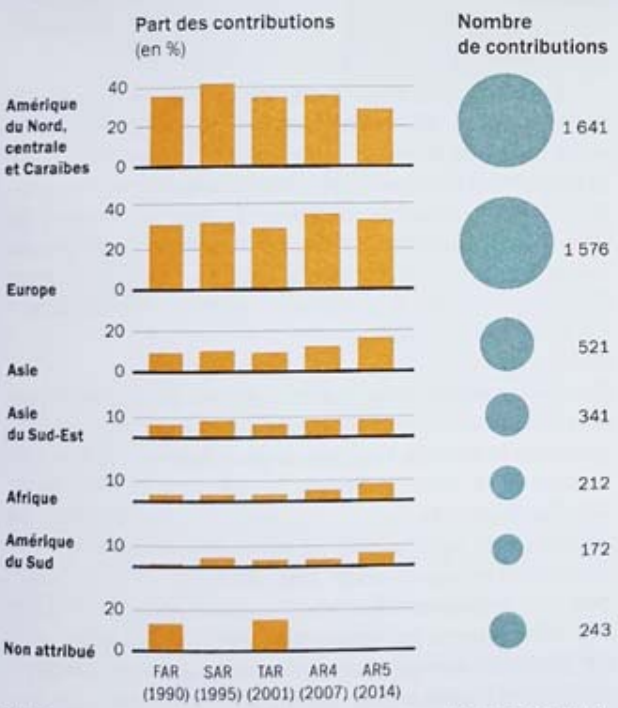
# Des débats...



# Expertises du GIEC et de l'IPBES

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a pour but « d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme ». Des rapports d'évaluation sont publiés par l'organisation, fournissant un état des lieux des connaissances les plus avancées. Ces rapports sont au cœur des négociations internationales sur le climat et sont également destinés à alerter les décideurs et la société civile.

## Origine géographique des auteurs des différents rapports du GIEC, 1990-2014



FAR : First Assessment Report ; SAR : Second Assessment Report ; TAR : Third Assessment Report ; AR4/AR5 : Assessment Report 4/5.

## Processus d'adoption des rapports du GIEC



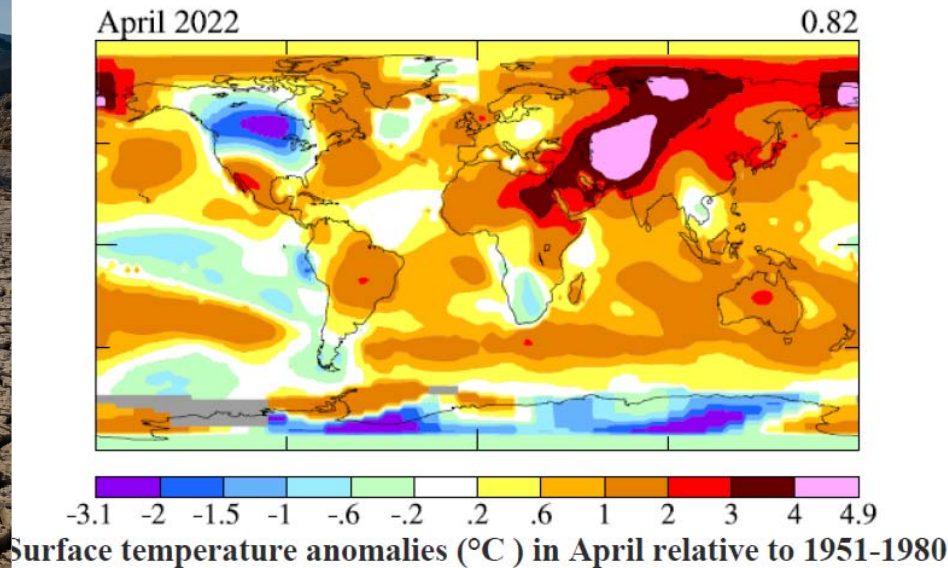
Source : GIEC, www.ipcc.ch

# Comment évaluer les changements globaux?

Aleksandar Ranković et François Gemenne, Atlas de l'Anthropocène, Presse de Sciences Po.



# GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat)



## Les dix chiffres à retenir du dernier rapport du Giec sur le changement climatique

Le Giec vient de publier le deuxième volet de son 6e rapport d'évaluation sur le changement climatique, après un premier volet paru en août dernier. Une fois encore, les scientifiques alertent sur les nombreux impacts du changement climatique aujourd'hui et à venir. Aucun écosystème n'est épargné. Tout "retard supplémentaire" dans la lutte contre le changement climatique laissera filer la petite chance d'assurer à l'humanité un "avenir vivable", ont mis en garde les experts climat de l'ONU.

<p><b>En 2021, nous étions déjà à</b></p> <p><b>+1,1°C</b> de réchauffement climatique depuis l'ère pré-industrielle.</p>	<p><b>D'ici 2030</b></p> <p><b>Jusqu'à 132 millions</b> de personnes pourraient basculer dans l'extrême pauvreté</p>				
<p><b>Et les impacts se font déjà sentir</b></p> <p><b>3,3 à 3,6 milliards</b> d'humains vivent déjà dans un contexte de forte vulnérabilité au changement climatique, soit environ la moitié de la population mondiale</p>	<p><b>Et d'ici 2050</b></p> <p><b>1 milliard</b> d'habitants des régions côtières menacées par la montée des eaux ou les submersions marines</p>				
<p><b>En Europe, le réchauffement va augmenter plus vite que la moyenne</b></p> <p><b>30 000 morts/an</b> En 2050 à cause des vagues de chaleur extrême si les émissions de gaz à effet de serre restent élevées et si le réchauffement atteint 3°C</p>	<p><b>La France est un des pays européens les plus menacés</b></p> <p><b>4 000 morts/an</b> en raison des vagues de chaleur extrême si les émissions de gaz à effet de serre restent élevées</p>				
<p><b>Les impacts sur la biodiversité vont aussi être très importants</b> Pourcentage des espèces à haut risque d'extinction en fonction de la hausse de la température</p> <table border="1"> <tr> <td><b>+1,5°C</b> entre 9% et 14 % des espèces impactées</td> <td><b>+2°C</b> entre 10% et 18 % des espèces impactées</td> <td><b>+3°C</b> entre 12% et 28 % des espèces impactées</td> <td><b>+4°C</b> entre 13% et 39 % des espèces impactées</td> </tr> </table>		<b>+1,5°C</b> entre 9% et 14 % des espèces impactées	<b>+2°C</b> entre 10% et 18 % des espèces impactées	<b>+3°C</b> entre 12% et 28 % des espèces impactées	<b>+4°C</b> entre 13% et 39 % des espèces impactées
<b>+1,5°C</b> entre 9% et 14 % des espèces impactées	<b>+2°C</b> entre 10% et 18 % des espèces impactées	<b>+3°C</b> entre 12% et 28 % des espèces impactées	<b>+4°C</b> entre 13% et 39 % des espèces impactées		
<p><b>Les conséquences sur l'agriculture</b></p> <p><b>8%</b> des terres actuellement cultivables ne le seront plus d'ici 2100</p>	<p><b>Les conséquences sur les infrastructures</b></p> <p><b>10 000 milliards \$</b> la valeur des infrastructures menacées dans des zones sujettes à des inondations exceptionnelles - Une fois les 100 ans dans un scénario modéré d'émissions.</p>				
<p><b>Quels objectifs de protection ?</b></p> <p><b>30 à 50 %</b> des terres et des mers doivent faire l'objet d'une protection</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Or aujourd'hui, moins de 15 % des terres</li> <li>• 21 % des écosystèmes d'eau douce</li> <li>• et 8 % des océans sont protégés</li> </ul>					

RÉALISATION : CONCEPCION ALVAREZ  
SOURCES : GIEC

novethic

# GIEC (groupement d'experts intergouvernemental sur l'évaluation du climat / IPCC en anglais)

< 1988 : Programme des Nations Unis  
et l'Organisation Météorologique Mondiale



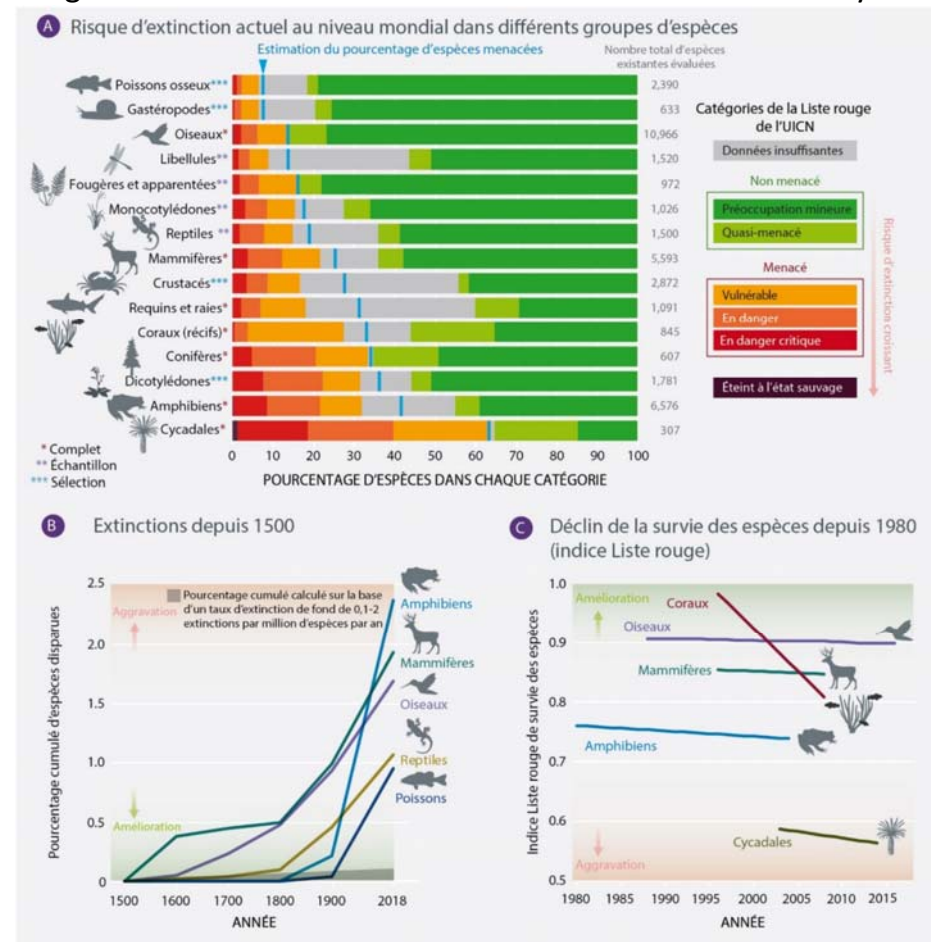
*« Fournir des évaluations détaillées sur l'état des connaissances scientifiques, techniques, climatiques, leurs causes, leurs répercussions éventuelles et les stratégies de parades »*



# Des diagnostics scientifiques: IPBES

Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques

Publié en juin 2021, le rapport « Biodiversité et changement climatique – résultats scientifiques » est la première collaboration entre des experts du GIEC et de l'IPBES, financée par les gouvernements du Royaume-Uni et de la Norvège.



# Des diagnostics scientifiques: MEA

Millenium Ecosystem Assessment



## ÉVALUATION DES ÉCOSYSTÈMES POUR LE MILLÉNAIRE

Accueil À propos de l'EM Rapports Coordonées Plan du site

### Aperçu des rapports

---

#### Rapports des évaluations



L'EM a fait une synthèse de l'information provenant d'ouvrages scientifiques et d'ensembles de données et de modèles pertinents, examinés par les pairs.

[Rapports des évaluations](#)



Le premier ensemble de documents présentant les conclusions de l'évaluation comprend une synthèse générale et cinq autres qui interprètent les conclusions de l'EM à l'intention d'auditoires particuliers.

[Rapports de synthèse](#)

#### Rapports de synthèse

---

#### Déclaration du Conseil de Direction



Le Conseil de Direction régissant le processus de l'EM a préparé une interprétation des principaux messages qui



À la fin de 2003, l'EM et Island Press ont fait paraître « Les écosystèmes et le bien-être de l'Homme : Un cadre d'évaluation »,

#### Un cadre d'évaluation



### À propos de l'EM

L'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) est un programme de travail international conçu pour répondre aux besoins des décideurs et du public en matière d'information scientifique relative aux conséquences des changements que subissent les écosystèmes pour le bien-être humain ainsi qu'aux possibilités de réagir à ces changements.

[Pour en savoir plus](#)



# Des protocoles internationaux

- Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
- Convention sur la diversité biologique

## Qu'est ce qu'une COP ?

Le sigle COP signifie " Conférence des Parties " (ou "Conference Of the Parties" en anglais) - les "parties" désignant les Etats signataires de la convention. Les COP sont des moments politiques fort lors desquels les Etats de se réunissent afin de définir ensemble des objectifs internationaux, ainsi que leurs moyens de mise en oeuvre.

Il existe 3 COP, issues de 3 conventions signées lors du "Sommet de la Terre" de Rio en 1992



### Quel objectif pour la COP Climat ?

L'objectif principal de la convention climat (CCNUCC) est d'intensifier les efforts pour réduire les émissions nationales de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique.

1. La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la **Desertification** (CNULD)
2. La Convention sur la **Diversité Biologique** (CDB)
3. La Convention-Cadre des Nations unies sur les **Changements Climatiques** (CCNUCC)



### L'Accord de Paris (2015)

Pour la 1ère fois, les pays se mettent d'accord sur un plan d'action commun pour limiter le réchauffement à un niveau bien inférieur à 2 °C, et en poursuivant les efforts pour le limiter à 1,5 °C (art 2).



# COP 27 à Sharm-El-Sheik novembre 2022



## COP27 Climate Action Calendar

	7 Nov	8 Nov	9 Nov	10 Nov	11 Nov	12 Nov	13 Nov	14 Nov	15 Nov	16 Nov	17 Nov
Day	WLS		Finance	Science & Youth	Decarbonization	Adaptation & Agriculture	Rest Day	Water & Gender	Energy & ACE	Biodiversity	Solutions
	World Leaders Summit (WLS)		Finance	Science	Decarbonization	Adaptation	Rest Day	Gender	ACE	Biodiversity	Solutions
	GCA HL Opening		Finance	Youth & Future Generations	Agriculture & Food Systems	Water		Energy	Oceans and Coastal Zones	GCA HL Closing	
			Finance	Resilience	Industry	Land	Water	Energy	Transport	Human Settlements	

**KEY**  
■ Strengthening resilience  
■ Delivering on mitigation ambition  
■ Knowledge, inclusion and enablers for action



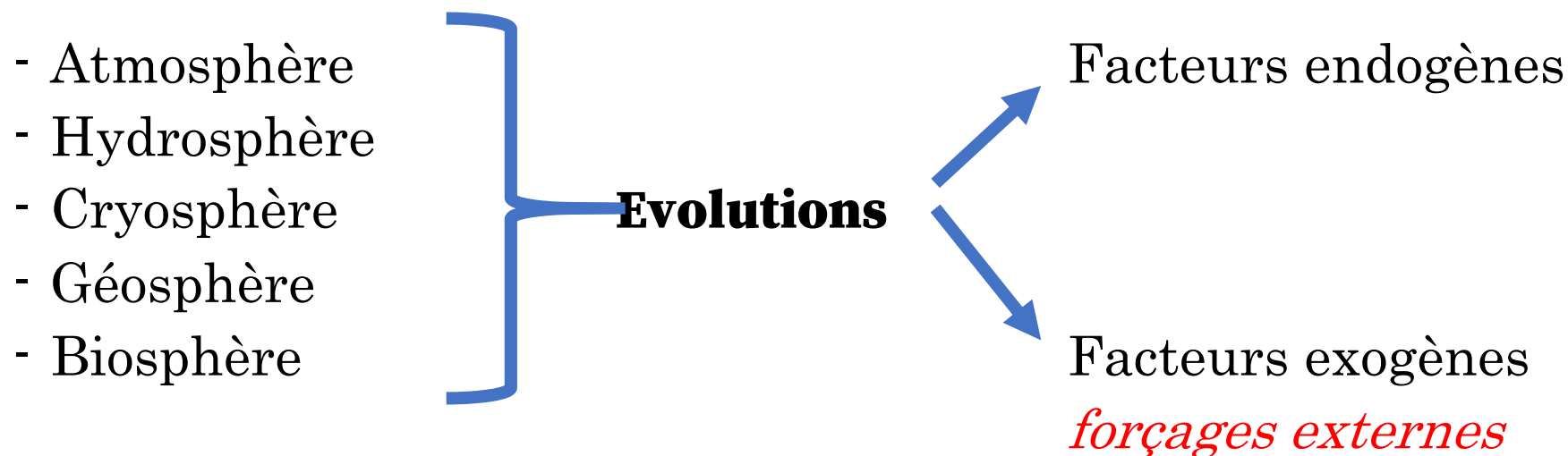




**Organisée à Dubaï, la 28e COP a réuni 195 pays pour discuter de l'avenir du climat et de la transition écologique**

# 1- Les changements climatiques

Systeme climatique est un système complexe:

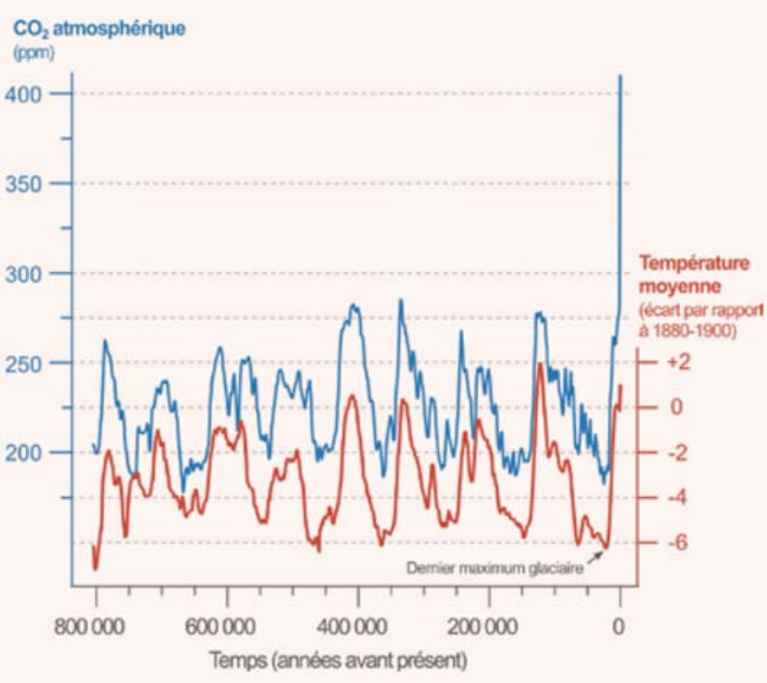


Climat = une moyenne sur 30 ans

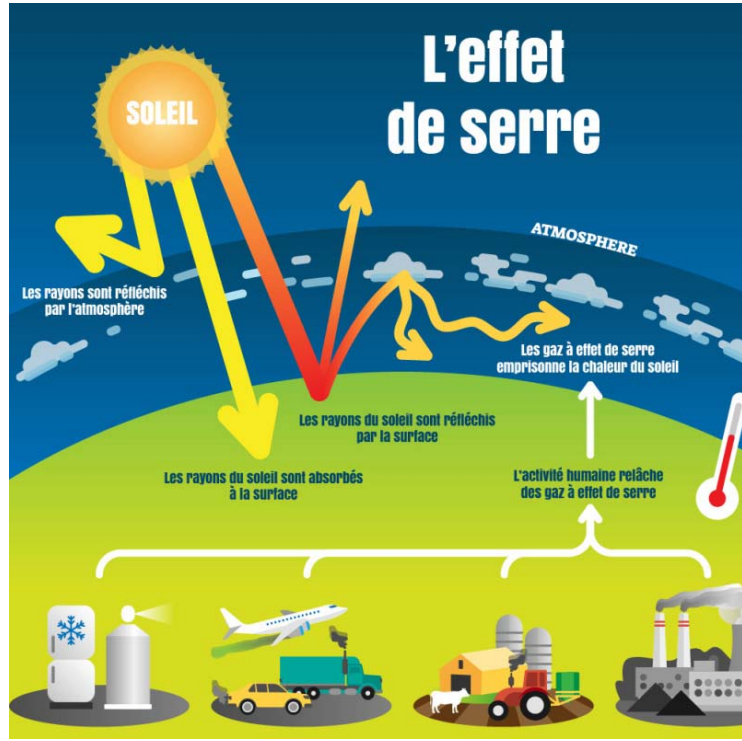


variations interannuelles  
(saisons) et météorologie

# Changements climatiques et émissions de gaz à effet de serre



**Figure 2 :** Évolution de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de la température moyenne de la surface terrestre depuis 800 000 ans. Le CO<sub>2</sub> est un gaz à effet de serre, l'augmentation de sa concentration dans l'atmosphère provoque un réchauffement global. De manière symétrique, l'augmentation de la température moyenne conduit à une élévation du niveau de CO<sub>2</sub> par divers mécanismes de rétroaction. **Depuis la révolution industrielle, la combustion d'énergie fossile et la déforestation ont provoqué un relargage massif de CO<sub>2</sub>.** L'élévation de température actuelle qui en résulte est cent fois plus rapide que lors de la sortie du dernier âge glaciaire de -20 000 ans à -10 000 ans. Source : Les Greniers d'Abondance, d'après les données de Snyder (2016)<sup>7</sup>.



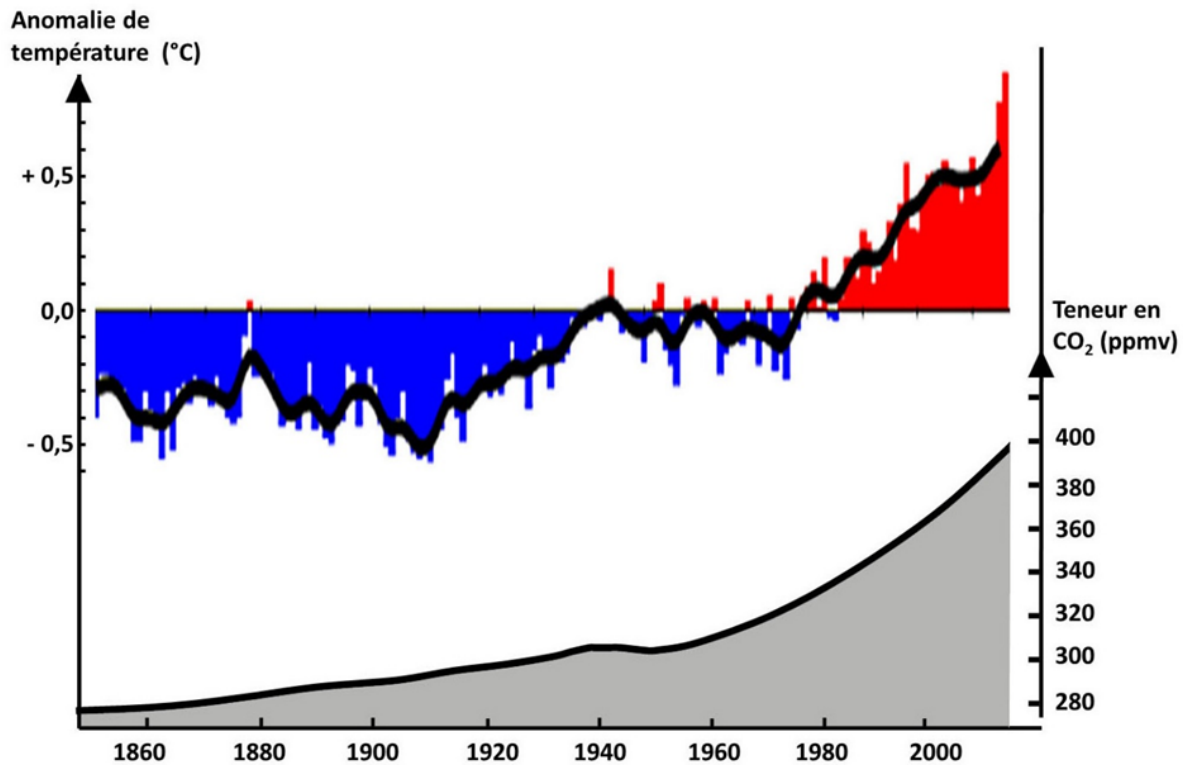
Svante Arrhenius



# Changements climatiques: indices et anomalies

Des **INDICES** (Pierre THOMAS, laboratoire de géologie ENS Lyon)

- Jusqu'en 1960, la **Saône gelait à Lyon** en moyenne tous les dix ans (1929, 1940, 1945, 1956, 1963) Depuis cette dernière date, elle n'a gelé que deux hivers, en 1985 et 2012
- Les zones affectées par les **chenilles processionnaires**, insecte qui « n'aime pas le froid », progressent vers le Nord et vers les hauteurs dans les montagnes. Elles ne montaient pas plus au Nord qu'Orléans en 1972. Elles ont atteint Paris en 2015.
- La **date moyenne des vendanges** s'est avancée de 3 à 4 semaines de 1945 à 2015, d'un mois par exemple dans le vignoble de Chateauneuf-du-Pape.
- Les **glaciers des Alpes** et de quasiment toutes les montagnes du monde reculent. Par exemple, la Mer de Glace a perdu 90 m d'épaisseur à l'aplomb du Montenvers (la gare d'arrivée du chemin de fer à crémaillère) ces 25 dernières années, pendant que le glacier perdait 880 m de longueur.
- La **surface de la banquise boréale d'été** est passée de cinq à trois millions de kilomètres carrés depuis 1980, avec ouverture à la navigation estivale des célèbres passages du Nord-Ouest et du Nord-Est.



Source - © 2016 Climatic Research Unit, University of East Anglia

## Évolution comparée de la température moyenne mondiale et du CO2 atmosphérique depuis 1850

(Par convention, c'est ici la température moyenne de 1960 qui sert de référence (anomalie = 0).)



Dans l'Hérault en 2019, vigne brûlée (en juin) et incendie ayant causé la fermeture de l'autoroute A9 (en septembre).

Au cours de l'été 2019, des milliers d'hectares de vignes ont été brûlés par la chaleur dans l'Hérault et dans le Gard<sup>16</sup>. Ces vagues de chaleur extrêmes vont augmenter en intensité et en durée.  
Crédits : © Chai d'Emilien ; © SDIS 34



=> Les changements climatiques ne se réduisent pas à un réchauffement des températures de l'atmosphère mais aussi à des dérèglements climatiques de plus en plus nombreux

## France



Deux conséquences des inondations sur le système alimentaire : champ noyé dans la Manche en février 2020 et autoroute A10 submergée dans le Loiret en mai 2016. Les inondations et l'humidité du printemps 2016 ont réduit de plus de moitié les rendements du blé dans les départements les plus touchés comme le Loiret ou la Seine-et-Marne<sup>17</sup>, tout en bloquant certains axes de circulation majeurs. Crédits : © Thibault Lorin ; Roland45, CC BY-SA, Wikimedia Commons.

## Etats-Unis (Texas)



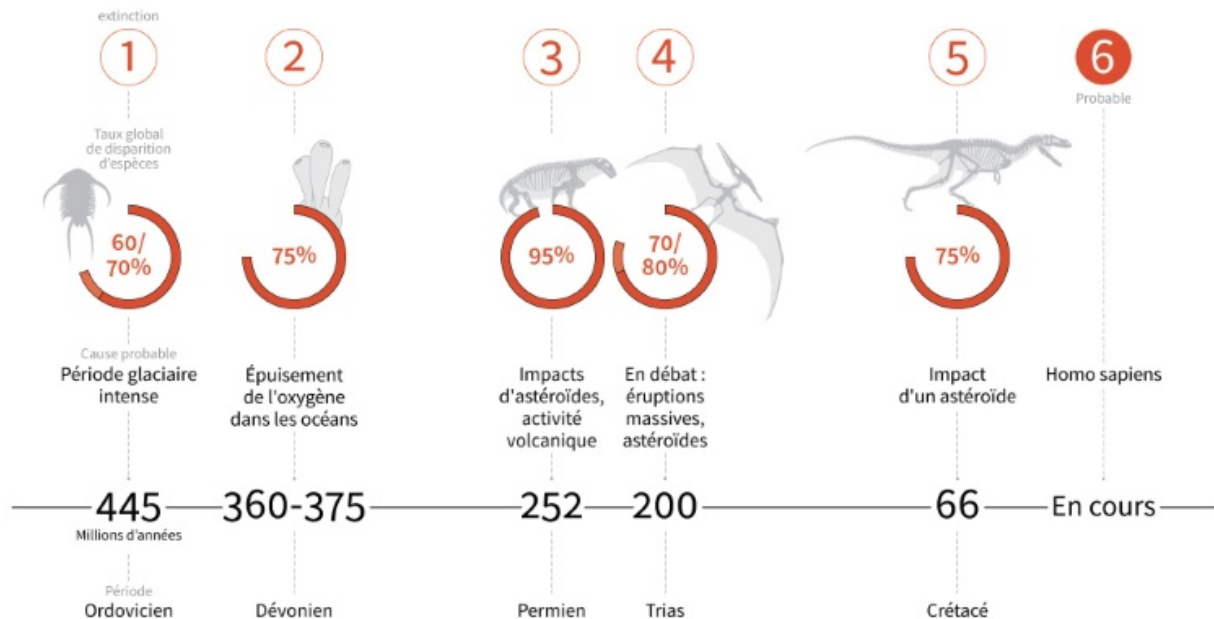
[https://www.francetvinfo.fr/monde/usa/secheresse-la-californie-s-affaise\\_1168969.htm](https://www.francetvinfo.fr/monde/usa/secheresse-la-californie-s-affaise_1168969.htm)



# 2- Effondrement de biodiversité sauvage et cultivée

## Les principales «extinctions de masse»

Depuis 500 millions d'années, la Terre a vécu cinq épisodes lors desquels au moins la moitié des créatures vivantes ont été éradiquées



Sources : National Geographic, Encyclopédie Britannica, études scientifiques

© AFP

## Une érosion générale de la biodiversité

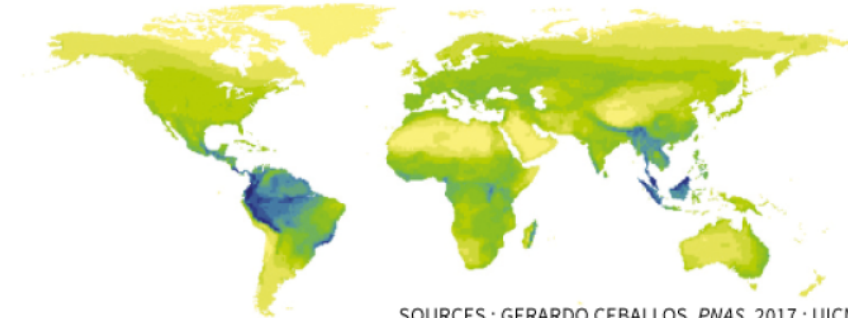
**32%** des espèces de vertébrés\* voient aujourd'hui leur population **décliner**

**40%** des espèces de mammifères\* ont vu leur aire de répartition **baisser de 80%** entre 1900 et 2015

**43%** des lions ont disparu depuis 1993. Il en reste **environ 35 000** aujourd'hui

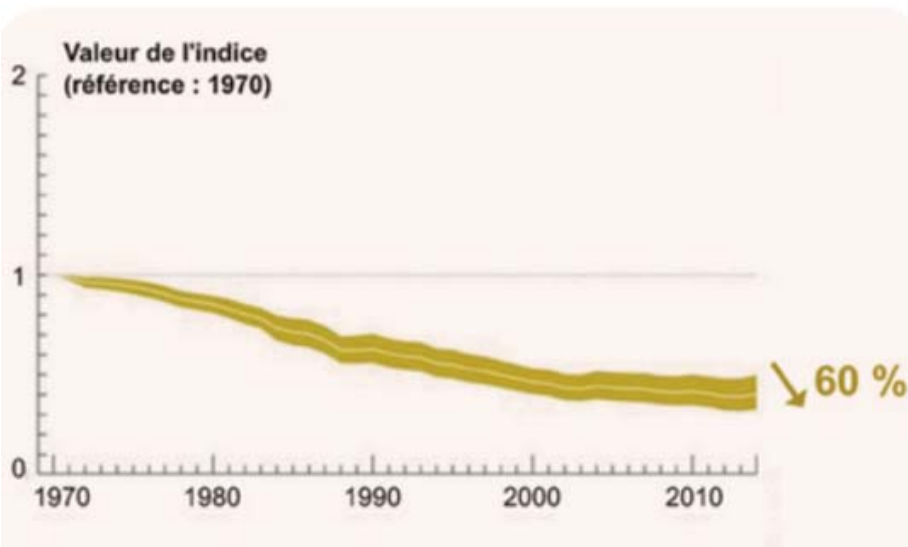
NOMBRE D'ESPÈCES ACCUSANT UN DÉCLIN DE LEUR POPULATION, PAR ZONE DE 10 000 KM<sup>2</sup>

1 ————— 385



SOURCES : GERARDO CEBALLOS, PNAS, 2017 ; UICN

\* A partir d'un échantillon de 27 600 espèces vertébrées terrestres, dont 177 espèces de mammifères



**Figure 4 :** Évolution de l'Indice Planète Vivante entre 1970 et 2014. L'Indice Planète Vivante est un indicateur de l'état de la biodiversité animale mondiale. Il mesure l'abondance de milliers d'espèces de vertébrés dans le monde entier. Il s'est effondré de 60 % en 44 ans. Source : WWF (2018)<sup>20</sup>.

*Ce sont souvent les vertébrés qui sont analysés car ils sont plus « visibles » dans nos environnements mais en réalité la faune et la flore des micro habitats (insectes, ...) sont les plus menacés.*

## RESEARCH ARTICLE

### ENVIRONMENTAL SCIENCES

## Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction

Gerardo Ceballos,<sup>1\*</sup> Paul R. Ehrlich,<sup>2</sup> Anthony D. Barnosky,<sup>3</sup> Andrés García,<sup>4</sup> Robert M. Pringle,<sup>5</sup> Todd M. Palmer<sup>6</sup>

The oft-repeated claim that Earth's biota is entering a sixth "mass extinction" depends on clearly demonstrating that current extinction rates are far above the "background" rates prevailing between the five previous mass extinctions. Earlier estimates of extinction rates have been criticized for using assumptions that might overestimate the severity of the extinction crisis. We assess, using extremely conservative assumptions, whether human activities are causing a mass extinction. First, we use a recent estimate of a background rate of 2 mammal extinctions per 10,000 species per 100 years (that is, 2 E/MSY), which is twice as high as widely used previous estimates. We then compare this rate with the current rate of mammal and vertebrate extinctions. The latter is conservatively low because listing a species as extinct requires meeting stringent criteria. Even under our assumptions, which would tend to minimize evidence of an incipient mass extinction, the average rate of vertebrate species loss over the last century is up to 100 times higher than the background rate. Under the 2 E/MSY background rate, the number of species that have gone extinct in the last century would have taken, depending on the vertebrate taxon, between 800 and 10,000 years to disappear. These estimates reveal an exceptionally rapid loss of biodiversity over the last few centuries, indicating that a sixth mass extinction is already under way. Averting a dramatic decay of biodiversity and the subsequent loss of ecosystem services is still possible through intensified conservation efforts, but that window of opportunity is rapidly closing.

### INTRODUCTION

The loss of biodiversity is one of the most critical current environmental problems, threatening valuable ecosystem services and human well-being (1–7). A growing body of evidence indicates that current species extinction rates are higher than the pre-human background rate (8–15), with hundreds of anthropogenic vertebrate extinctions documented in prehistoric and historic times (16–23). For example, in the islands of tropical Oceania, up to 1800 bird species (most described in the last few decades from subfossil remains) are estimated to have gone extinct in the ~2000 years since human colonization (24). Written records of extinctions of large mammals, birds, and reptiles date back to the 1600s and include species such as the dodo (*Raphus cucullatus*, extinguished in the 17th century), Steller's sea cow (*Hydrodamalis gigas*, extinguished in the 18th century), and the Rodrigues giant tortoise (*Cylindraspis peltales*, extinguished in the 19th century). More species extinction records date from the 19th century and include numerous species of mammals and birds. Records of extinction for reptiles, amphibians, freshwater fishes, and other organisms have mainly been documented since the beginning of the 20th century (14, 17). Moreover, even in species that are not currently threatened, the extirpation of populations is frequent and widespread, with losses that far outstrip species-level extinctions (18, 25). Population-level extinction directly threatens ecosystem services and is the prelude to species-level extinction (18).

Here, we analyze the modern rates of vertebrate species extinction and compare them with a recently computed background rate for mam-

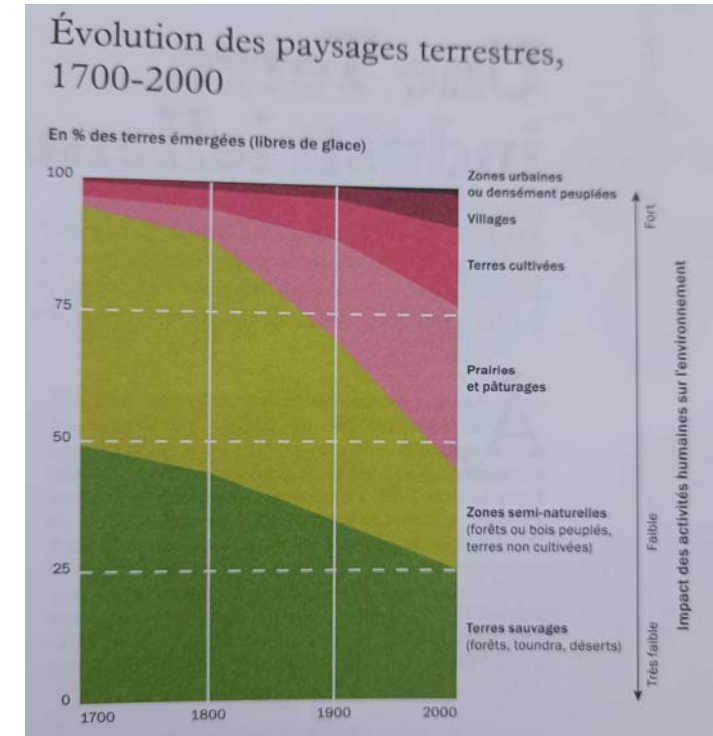
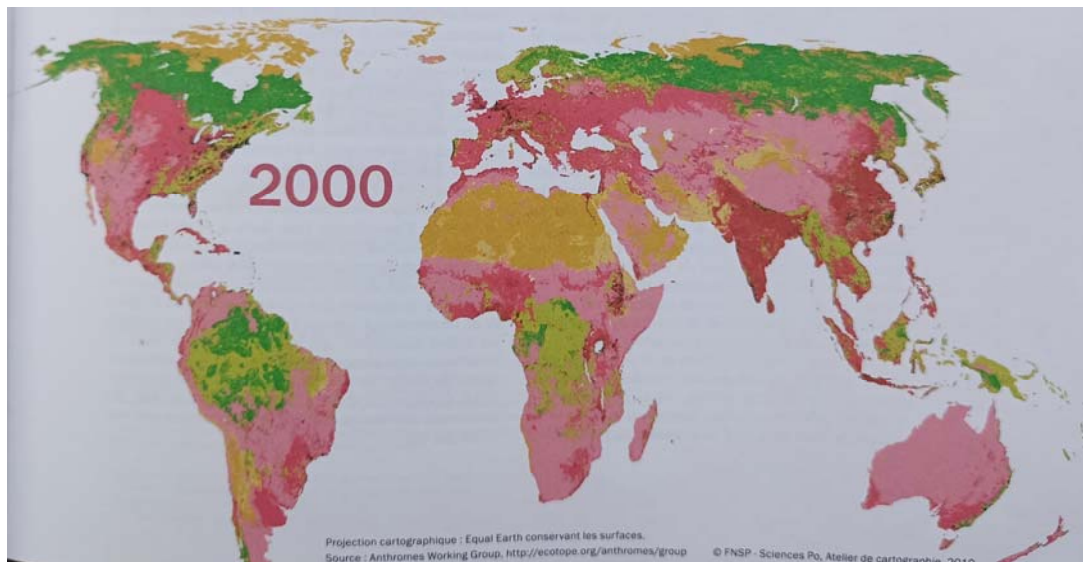
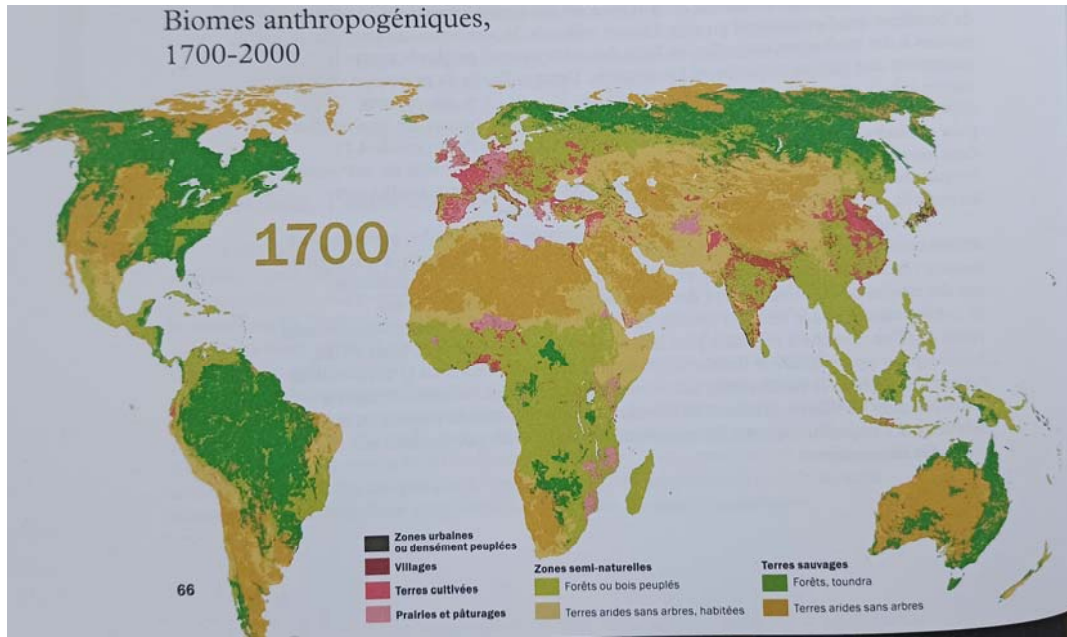
mals (7). We specifically addressed the following questions: (i) Are modern rates of mammal and vertebrate extinctions higher than the highest empirically derived background rates? (ii) How have modern extinction rates in mammals and vertebrates changed through time? (iii) How many years would it have taken for species that went extinct in modern times to have been lost if the background rate had prevailed? These are important issues because the uncertainties about estimates of species loss have led skeptics to question the magnitude of anthropogenic extinctions (26) and because understanding the magnitude of the extinction crisis is relevant for conservation, maintenance of ecosystem services, and public policy.

Until recently, most studies of modern extinction rates have been based on indirect estimates derived, for example, on the rates of deforestation and on species-area relationships (11, 14). Problems related to estimating extinction since 1500 AD (that is, modern extinctions) have been widely discussed, and the literature reflects broad agreement among environmental scientists that biases lead to underestimating the number of species that have gone extinct in the past few centuries—the period during which *Homo sapiens* truly became a major force on the biosphere (1–4, 6–8, 14, 15). However, direct evaluation is complicated by uncertainties in estimating the incidence of extinction in historical time and by methodological difficulties in comparing contemporary extinctions with past ones.

Less discussed are assumptions underlying the estimation of background extinction rates. The lower these estimates, the more dramatic current extinction rates will appear by comparison. In nearly all comparisons of modern versus background extinction rates, the background rate has been assumed to be somewhere between 0.1 and 1 species extinction per 10,000 species per 100 years (equal to 0.1 to 1 species extinction per million species per year, a widely used metric known as E/MSY). Those estimates reflect the state of knowledge available from the fossil record in the 1990s (7, 9–13). In a recent analysis, which charted the stratigraphic ranges of thousands of mammal species,

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, 04510, México. <sup>2</sup>Department of Biology, Stanford University, Stanford, CA 94304, USA. <sup>3</sup>Department of Integrative Biology and Museums of Paleontology and Vertebrate Zoology, University of California, Berkeley, Berkeley, CA 94720-3140, USA. <sup>4</sup>Estación de Biología Chamaela, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Jalisco 48980, México. <sup>5</sup>Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, NJ 08544, USA. <sup>6</sup>Department of Biology, University of Florida, Gainesville, FL 32611-8525, USA. \*Corresponding author. E-mail: gceballo@ecologia.unam.mx





Le changement d'usage des terres

Remise en cause des **biomes**

(vastes entités biologiques caractérisées par des espèces végétales et animales spécifiques)

Biomes anthropisés:

1700: 5%

2000: 55%