



Biodiversité, biodiversité



Bruno DAVID

BIOGÉOSCIENCES

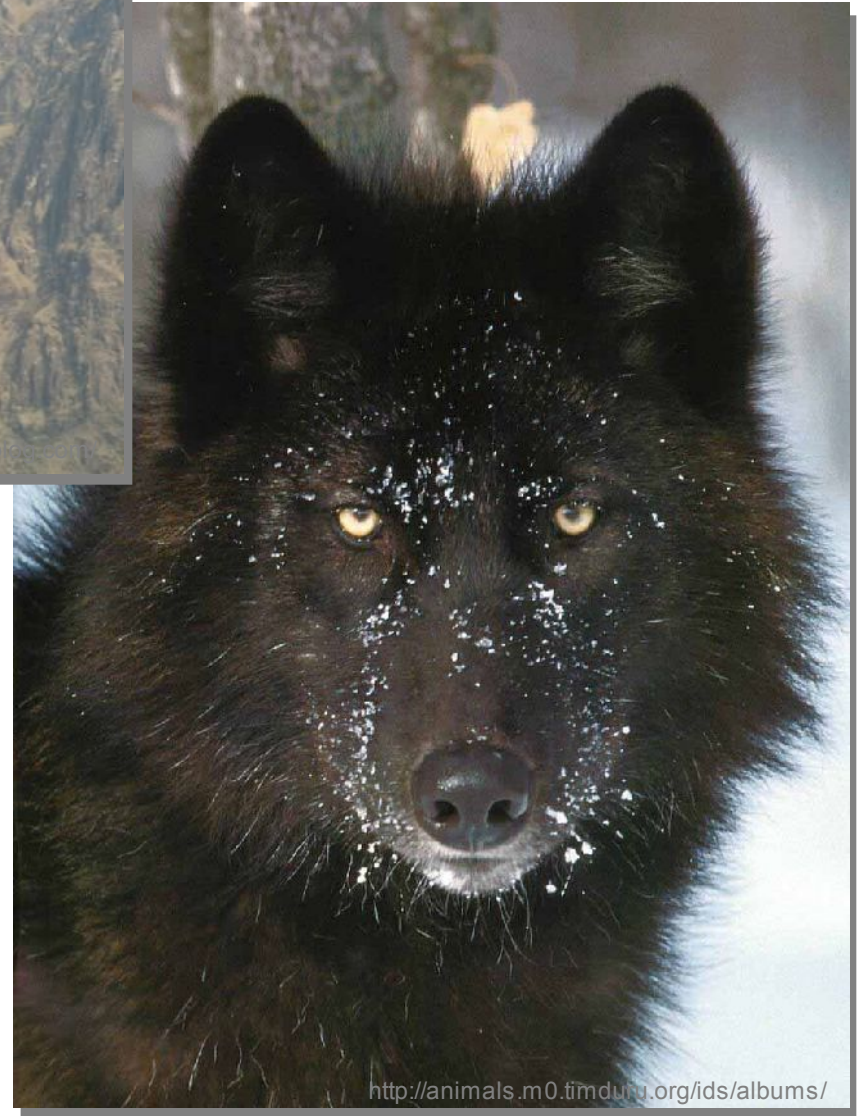


Biodiversité

Terme de création récente (1985).

Propulsé par E.O. Wilson en 1988.

**Quelles images pour la
biodiversité ?**



Des espèces emblématiques ?



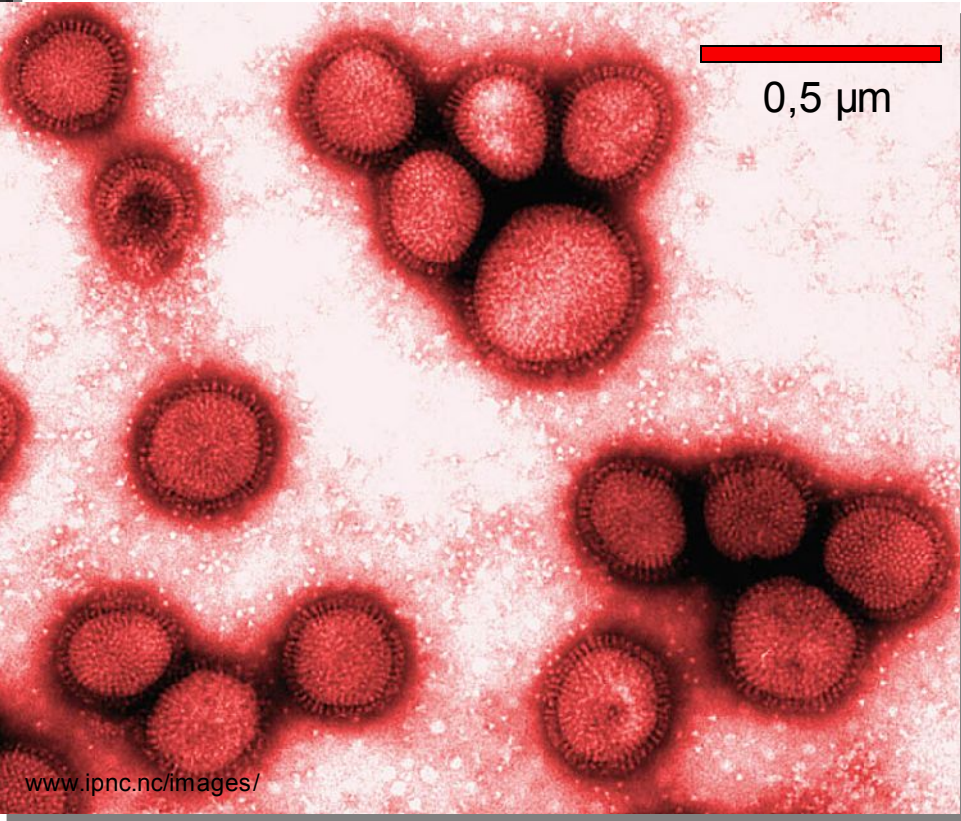
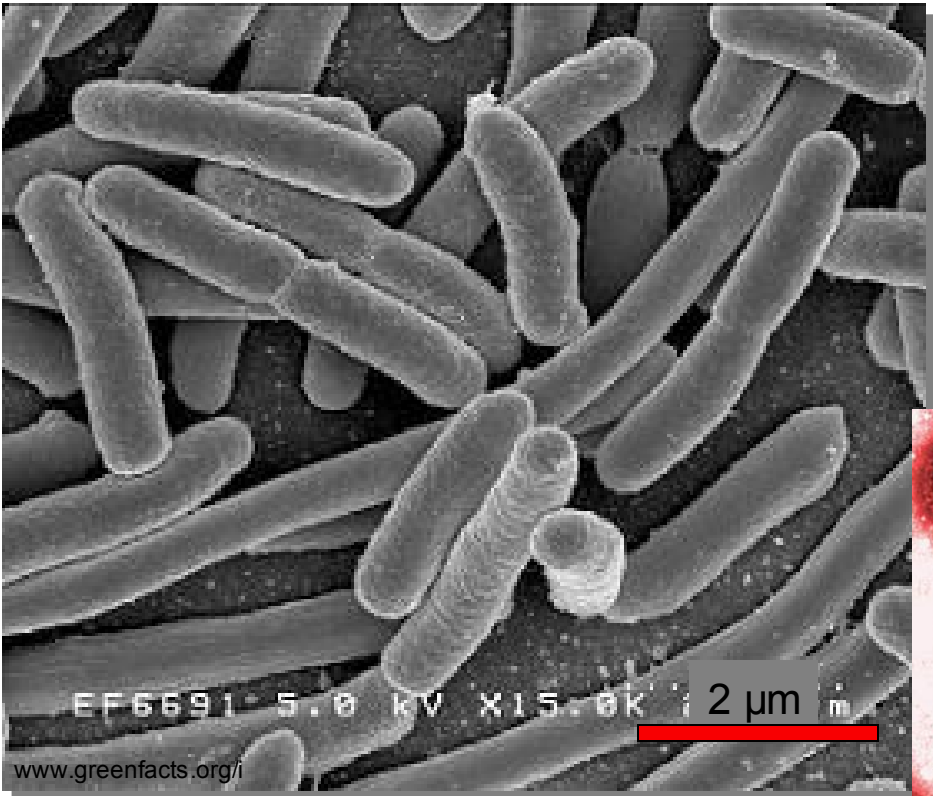
N espèces « en vrac » ?



N espèces du même écosystème ?



Pullulement d'une seule espèce ?



Bactéries et virus

A quelles dimensions ?



Burgess
(Cambrien moyen)



Crétacé

Pour quelles périodes et quelles échelles de temps ?

La biosphère face aux changements
Sa (re)structuration: équilibre dynamique
Les situations anciennes
Aujourd'hui et demain



Des questions
Des remarques
Peu de réponses
Quelques clefs de lecture

Biodiversité

Comment l'apprécier ?

Comment la quantifier ?

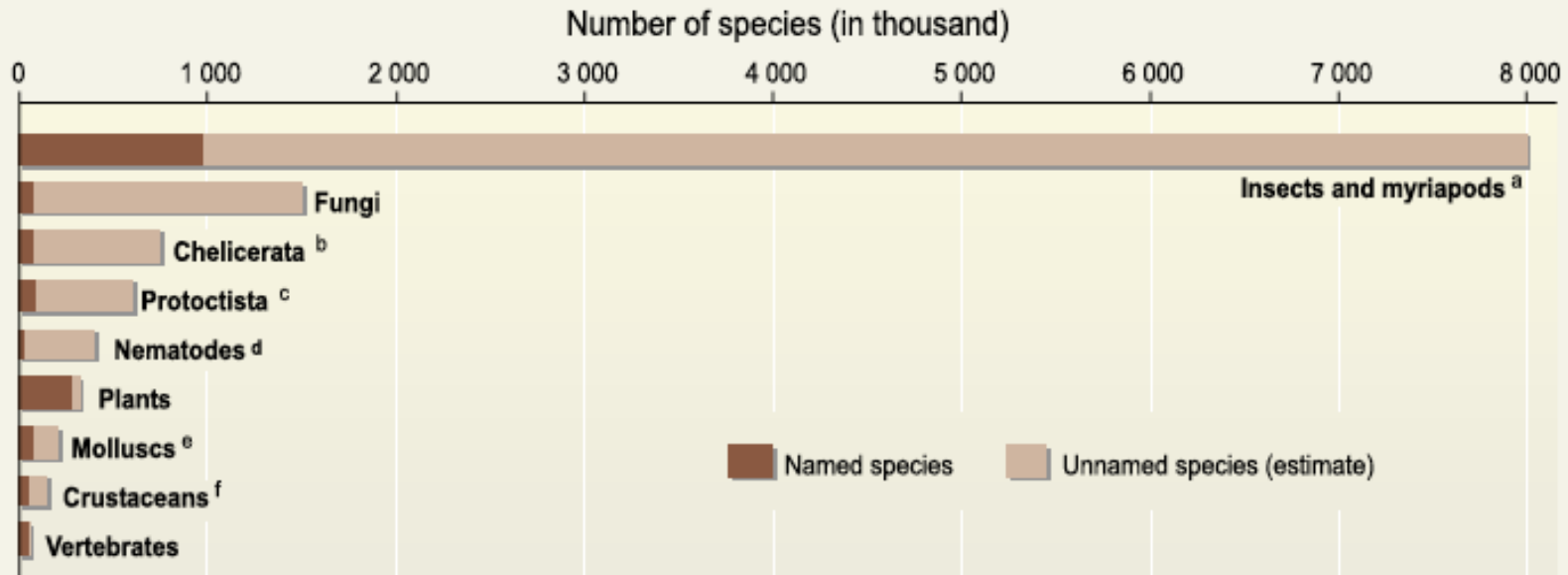
Que prendre en compte ?

Quels critères (signaux) retenir ?



Une planète, combien d'espèces ?

Les organismes eucaryotes



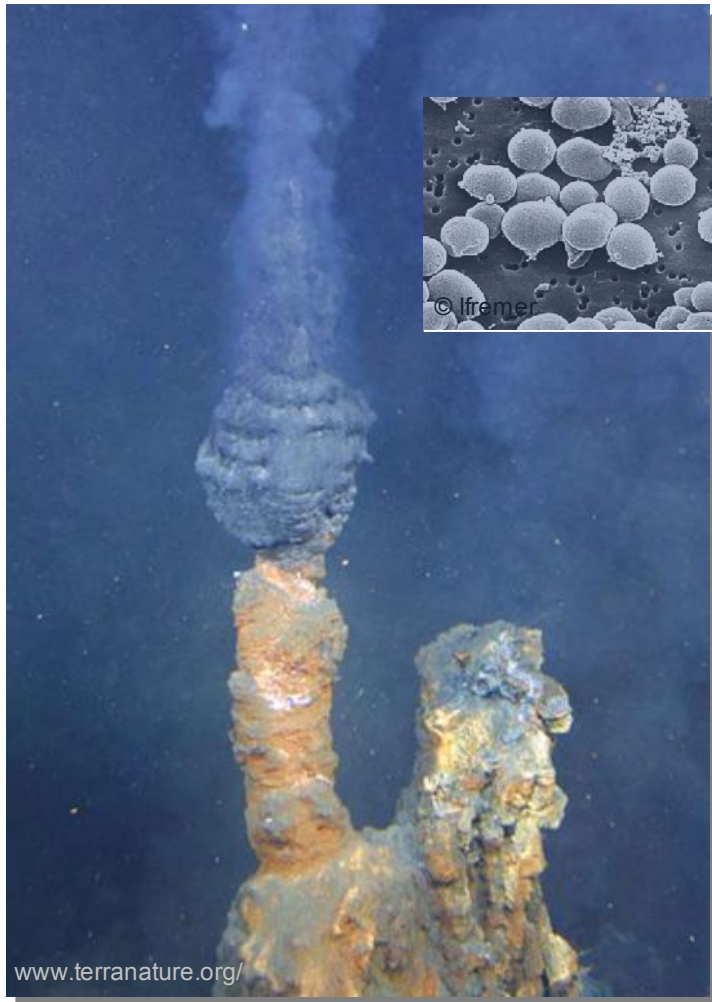
Décrits = 1,8 millions d'espèces
Estimations = de 4 à 100 millions

Source: Millennium Ecosystem Assessment

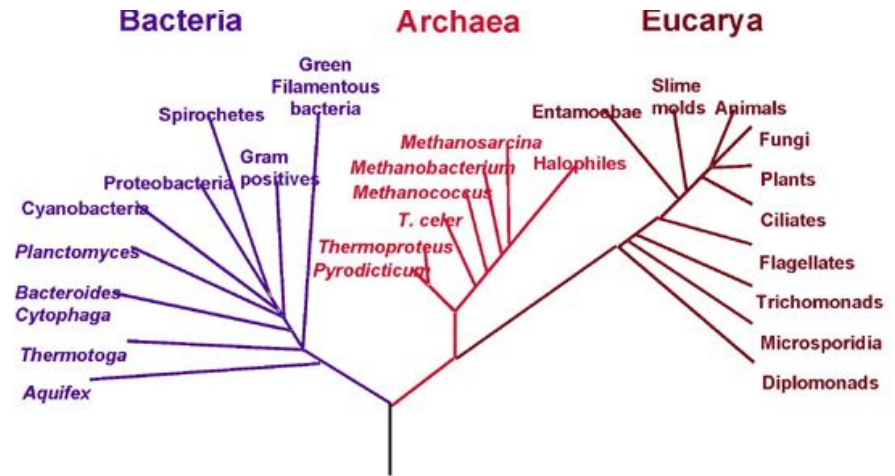
Une marge d'incertitude encore énorme

Une planète, combien d'espèces ?

Les bactéries, le picoplancton, les archées...



Arbre phylogénétique de la Vie



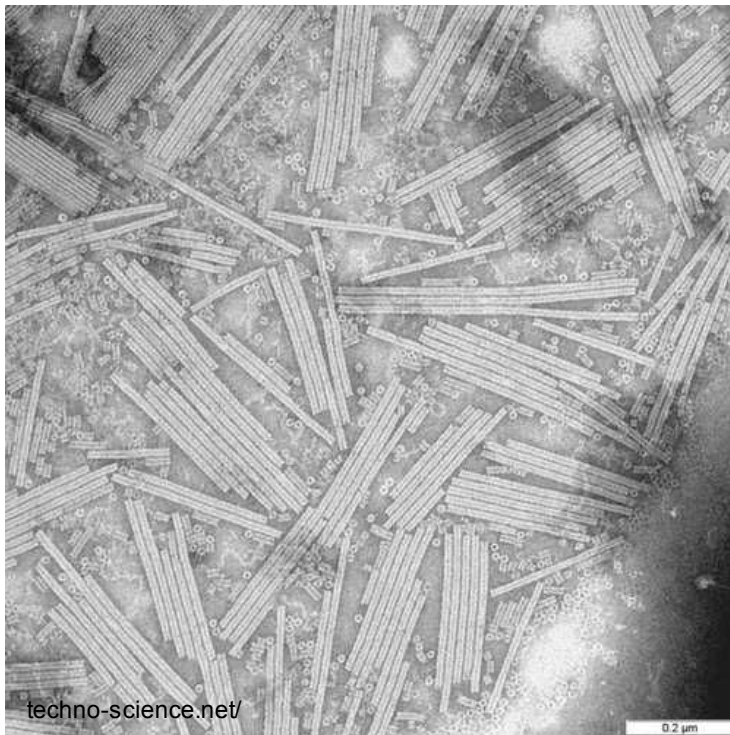
nai.arc.nasa.gov/

Qu'est-ce que l'espèce ?
Comment compter ?

Une planète, combien d'espèces ?

Sans compter les virus ...

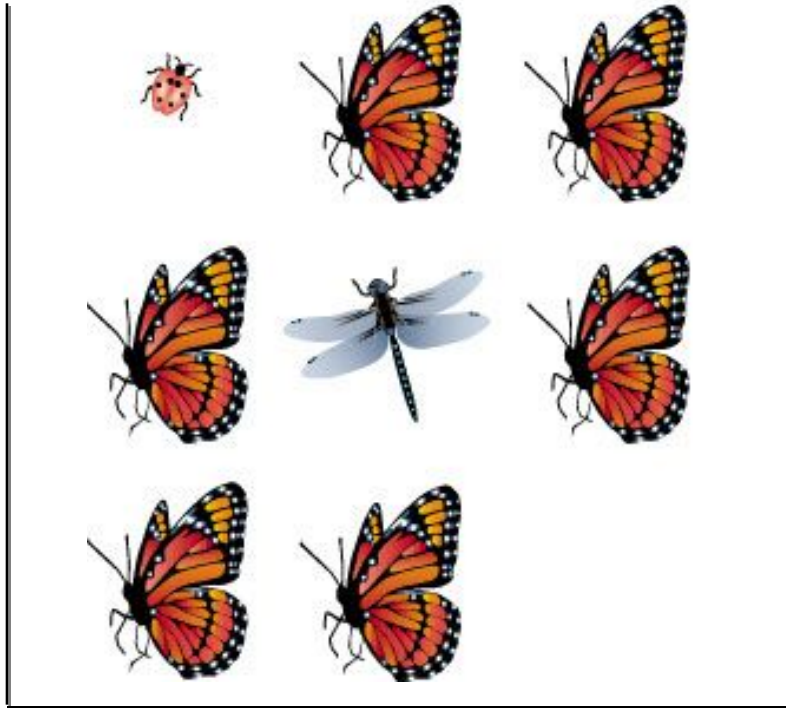
Estimation grossière $\approx 10^{31}$



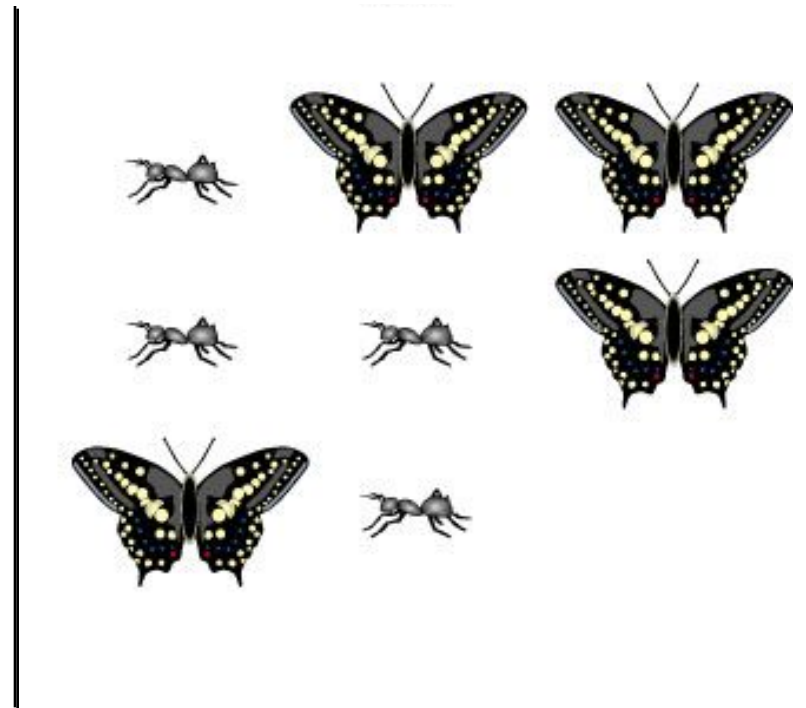
**Qu'est-ce que l'espèce ?
Comment compter ?**

A propos de fréquences

Signal taxinomique: richesse vs diversité spécifique



Situation 1



Situation 2

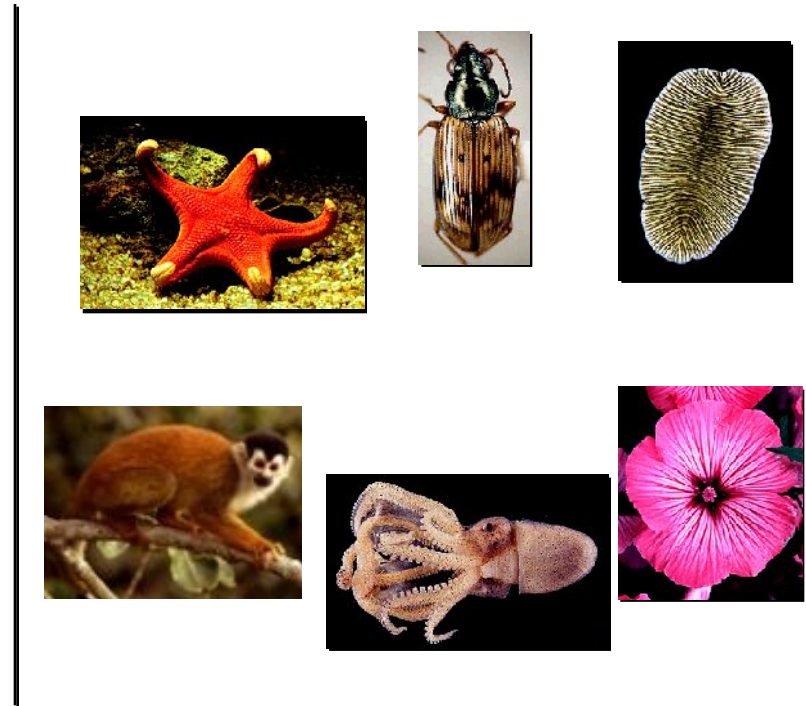
- **RICHESSSE** : 3 espèces vs 2 espèces
- **DIVERSITE SP** : probabilité plus forte de tirer des espèces différentes en 2.

A propos des formes

Signal taxinomique vs signal morphologique: diversité ou disparité



Situation 1



Situation 2

Composition Eble 2003

- signal taxinomique : **DIVERSITE** (6 espèces dans les 2 cas)
- signal morphologique : **DISPARITE** ($\Delta 1 \ll \Delta 2$)

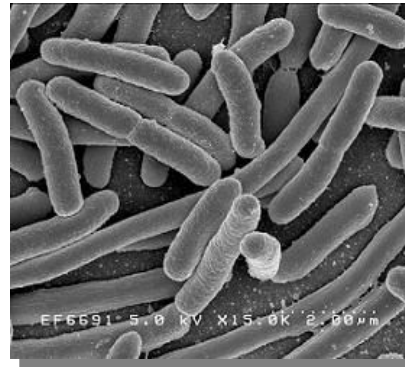
A propos de nombres

Démographie et biomasse: quantité et poids

- 4×10^{23} bactéries associées à *H. sapiens*
- 10^{28} dans les habitats aquatiques
- 2×10^{29} dans les sols
- 3×10^{30} sur les fonds océaniques
- ...

TOTAL $\approx 5 \times 10^{30}$

Effectifs bactéries

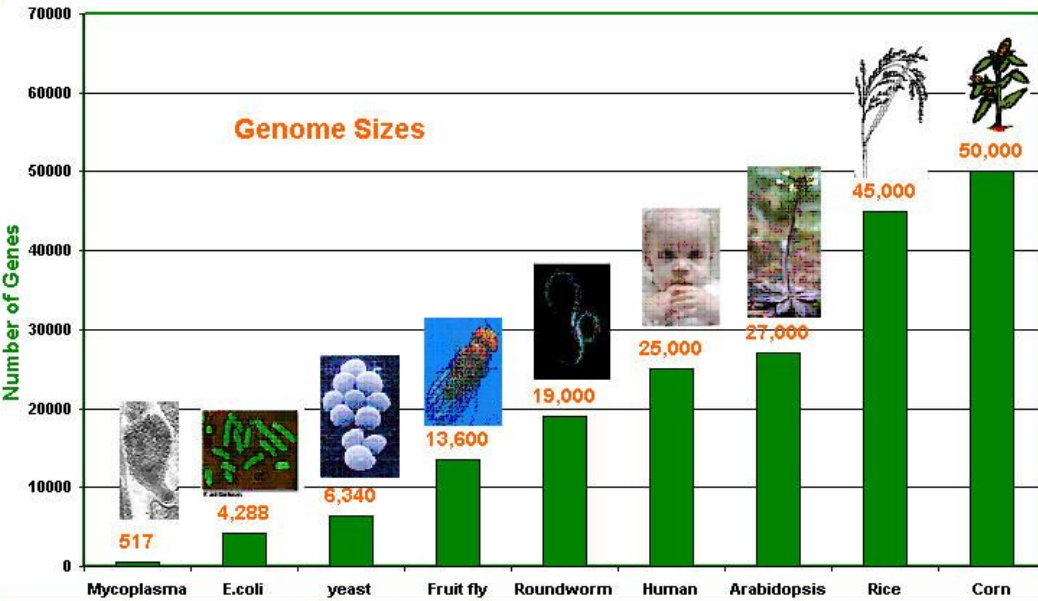


Biomasse

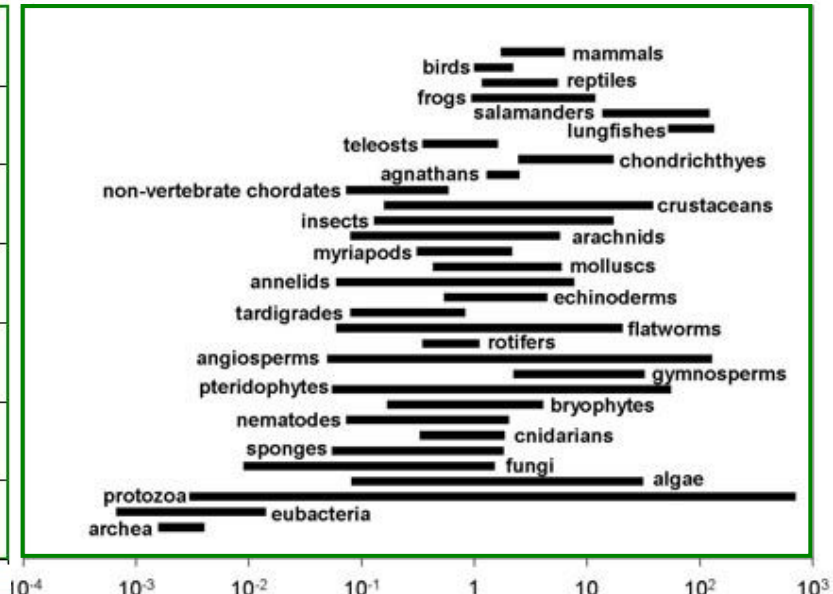
Biosphère = « microbes » !

A propos des gènes

La taille du génome n'est pas liée à la complexité



copyright - c.mallery - Oct.2004



T. Ryan Gregory 2007

(Quantité d'ADN « haploïde »

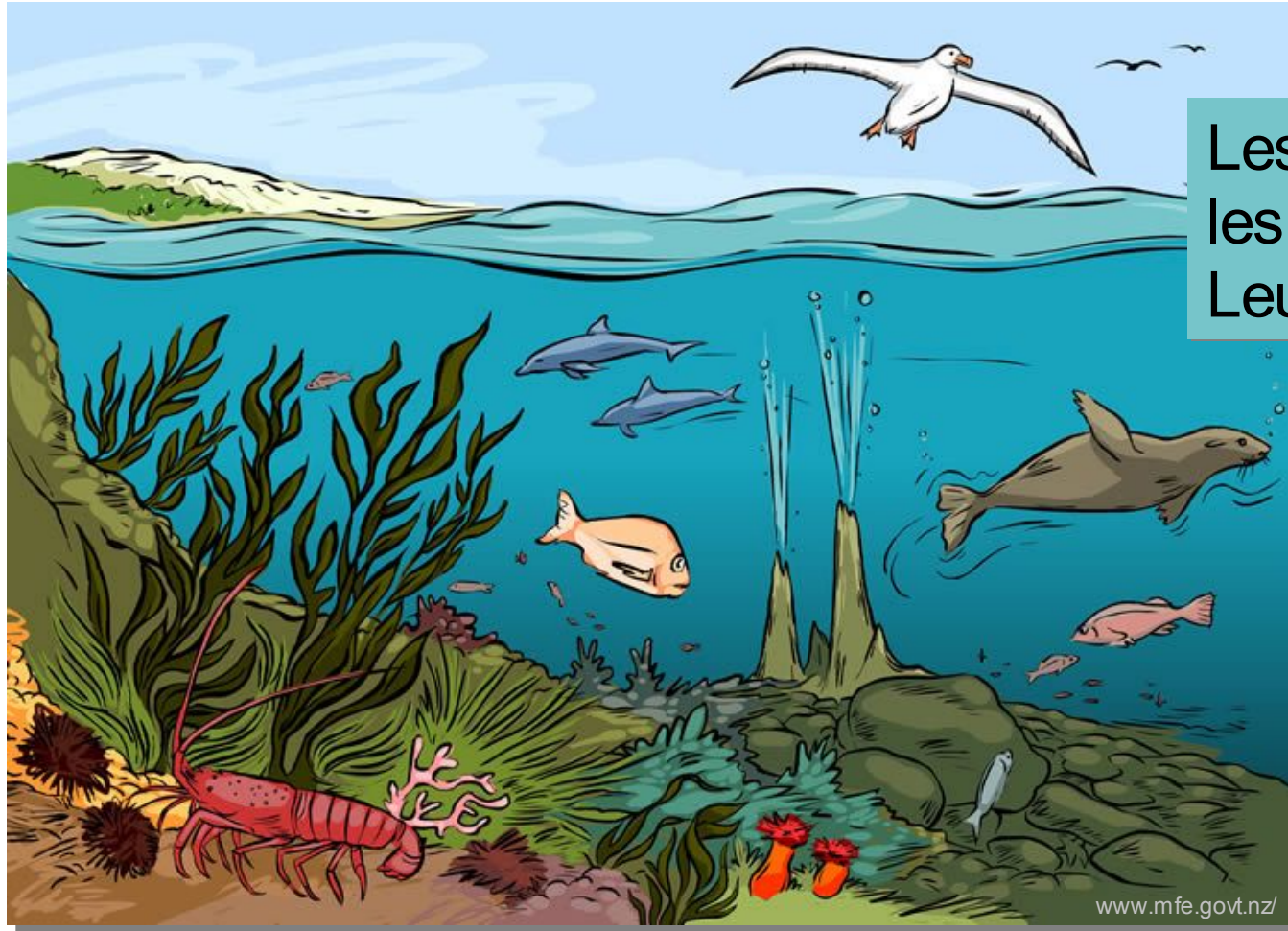
≈ x 20 entre bactérie et *max.*

≈ x 10⁵ entre bactérie et *max.*

Quel sens donner à une somme de génomes ?

A propos d'interactions

Interactions écologiques

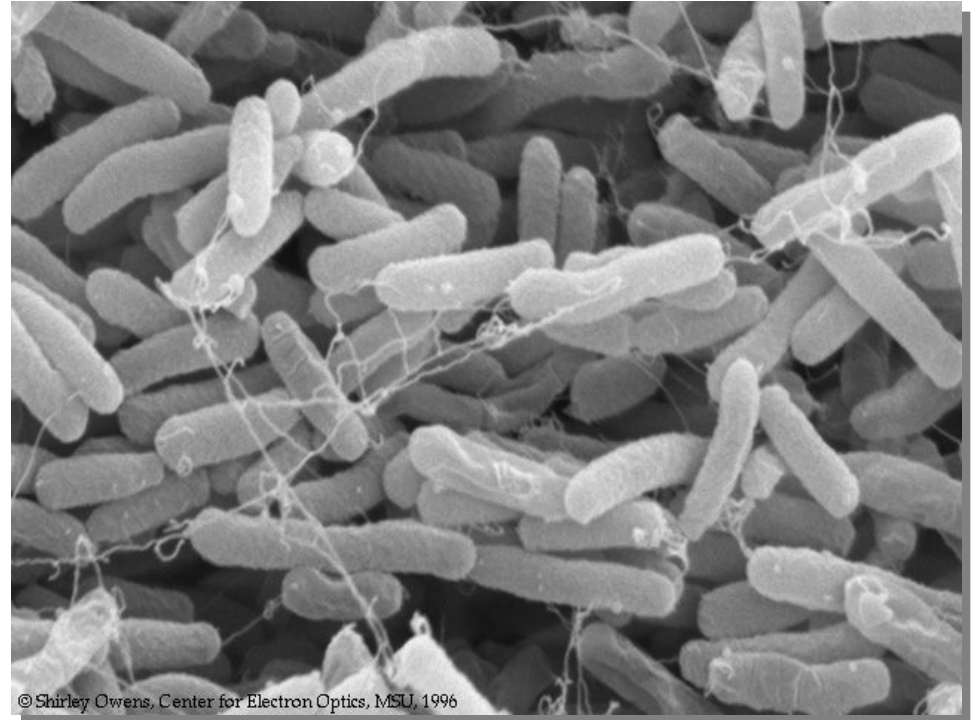
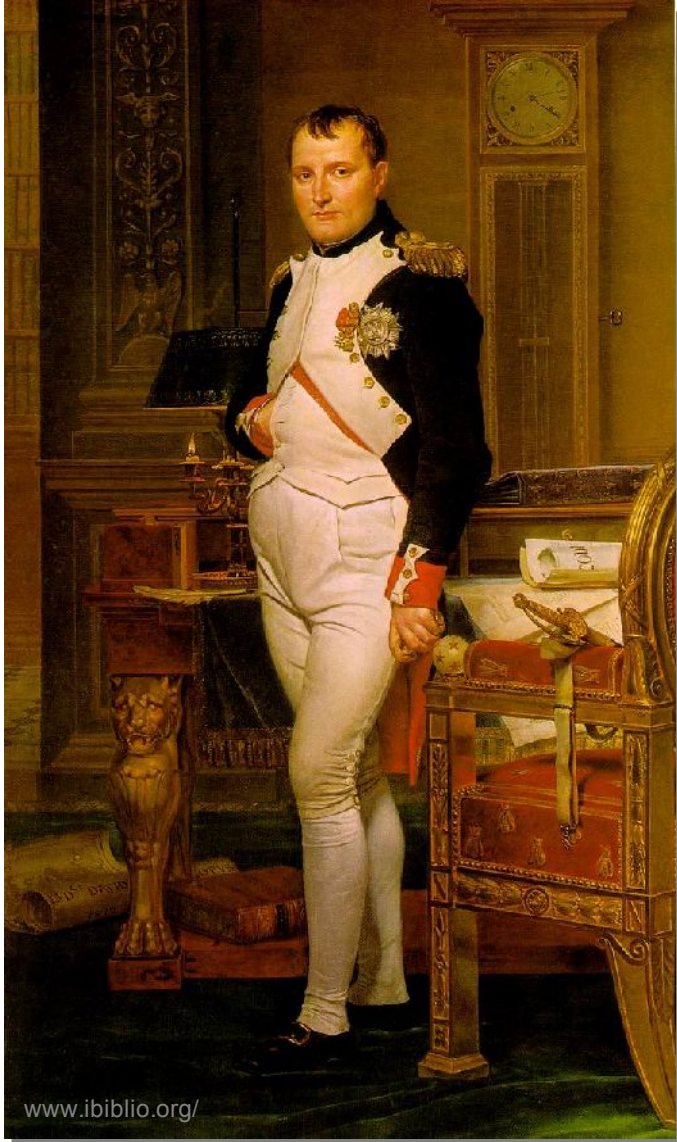


Les réseaux dans les écosystèmes. Leur complexité.

Statique ou relationnel ?

Interactions écologiques

Les symbioses



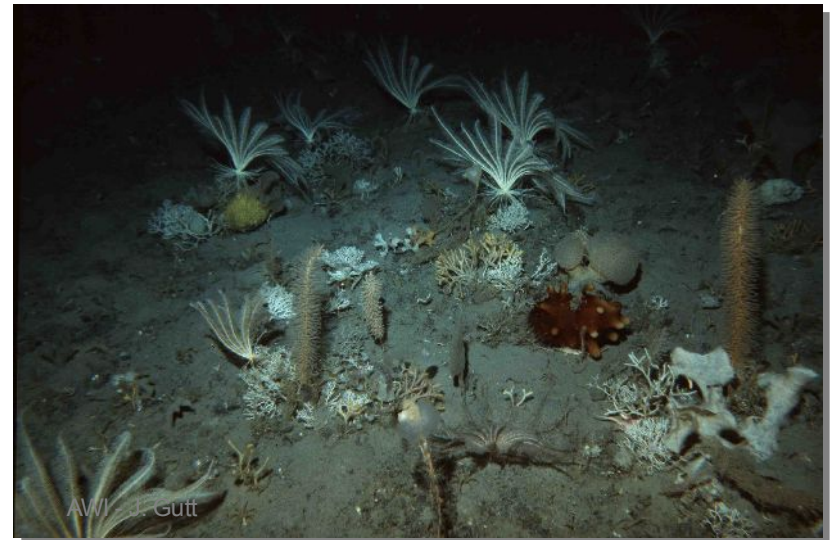
© Shirley Owens, Center for Electron Optics, MSU, 1996

$\approx 10^{14}$ ϕ vs $\approx 10^{15}$ bactéries
Équivalent 1 à 2 kg !

Statique ou relationnel ?

Interactions écologiques

Les symbioses



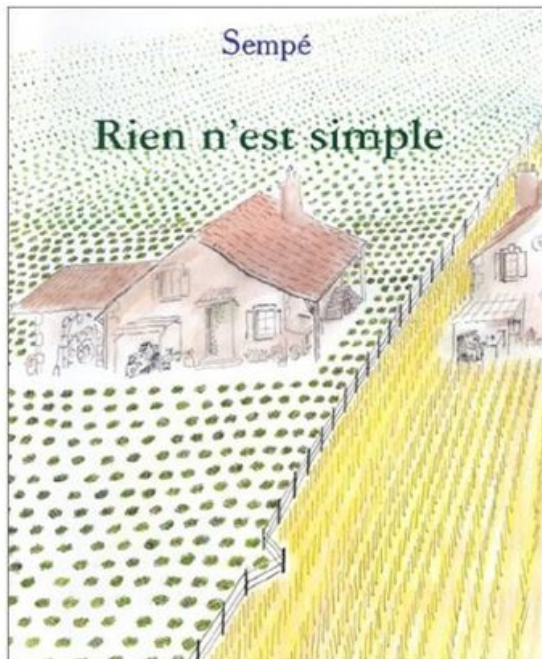
Des espèces clés dans les écosystèmes

Statique ou relationnel ?

Rien n'est simple

Il existe une multitude de manières de considérer la biodiversité

BiodiversitéS



Un pluriel justifié !

Biodiversité(s)

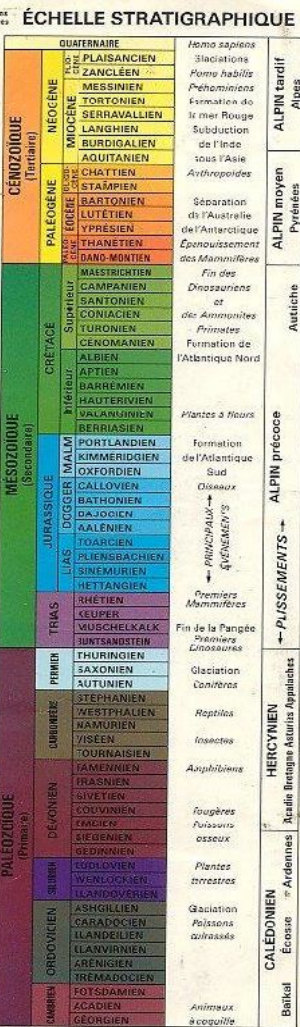
Retour vers les sciences de la Terre

Cinq crises majeures

Depuis 550 Ma

Les 5 majeures

La biodiversité a fluctué depuis l'origine de la Vie sur Terre

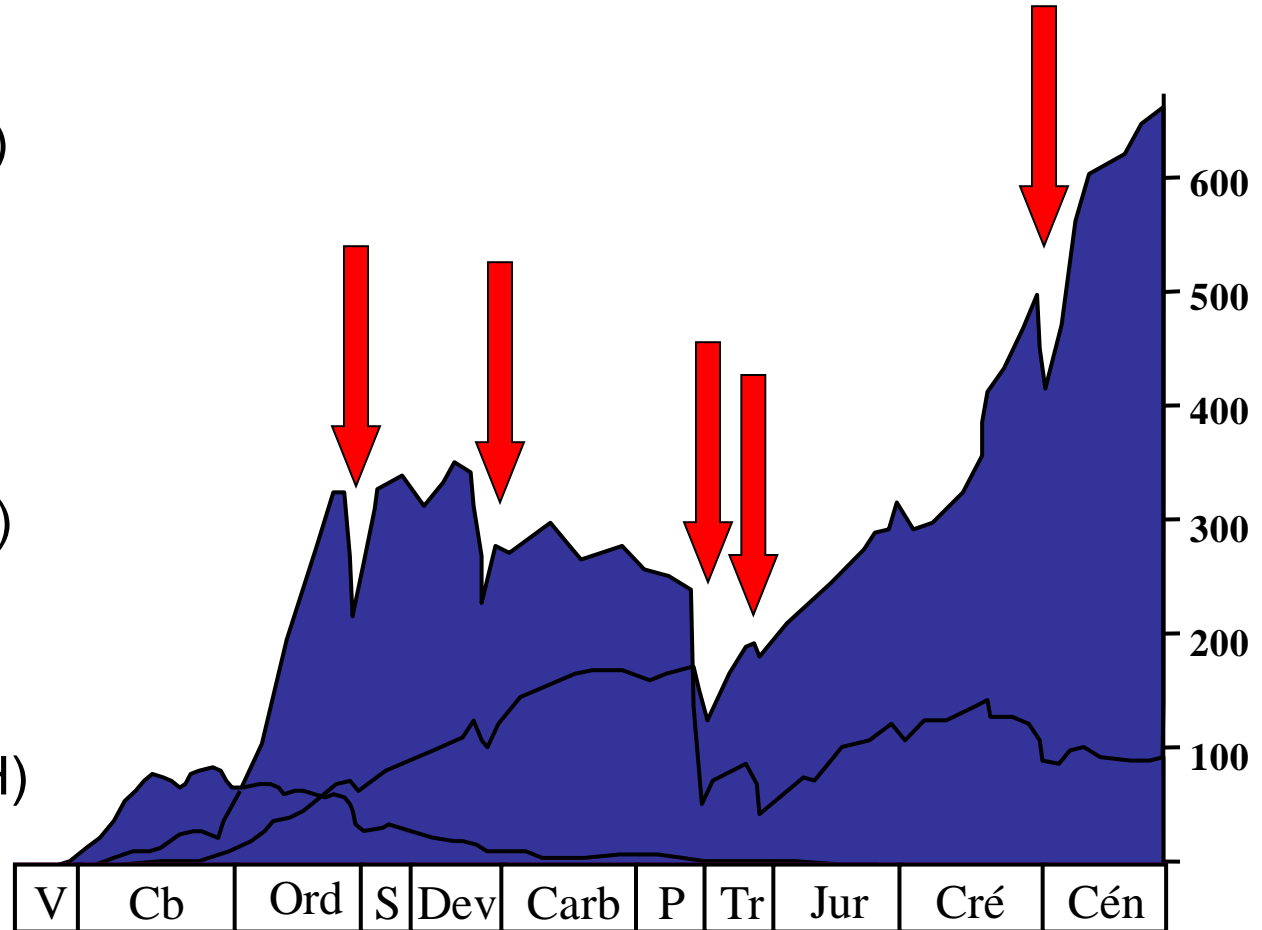


icé > (K/T)

ien > (P/T)

nien (F/F)

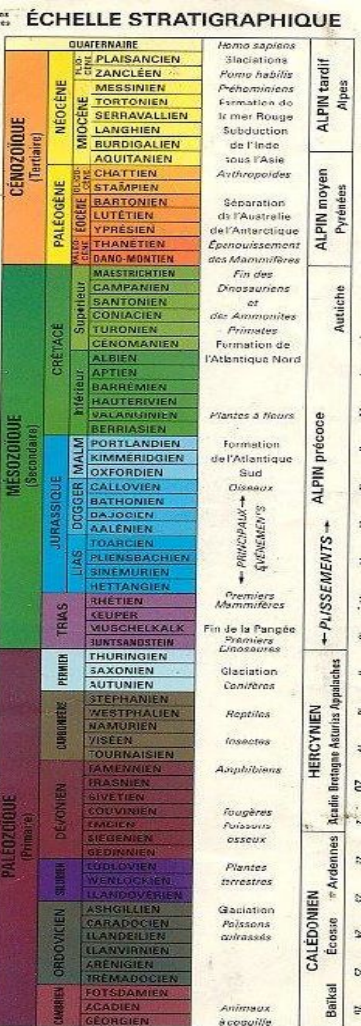
vicien > (H)



Fluctuations au cours des temps phanérozoïques

Les 5 majeures

Caractères spécifiques



| | Paléogéographie | Eustatisme | Anoxie | Climat |
|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Crétacé > (K/T) | | régression | | + froid |
| Trias > (P/T) | | régression régression | dysoxie dysoxie | aride + chaud |
| Permien (F/F) | | transgression | anoxie | |
| Permien > (H) | | régression | | polaire |

Des causes multiples

Les 5 majeures

A la recherche de facteurs communs



www.mnhn.lu/



www.cherrycoloured.com/

Deux prétendants

Les 5 majeures

Causes partagées ?



cé > (K/T)

en > (P/T)

ien (F/F)

icien > (H)

Grands événements

Volcanisme (traps)

Météorites (Ø en km)

Deccan

Chicxulub (200)

CAMP Sibérie

Manicouagan (70)

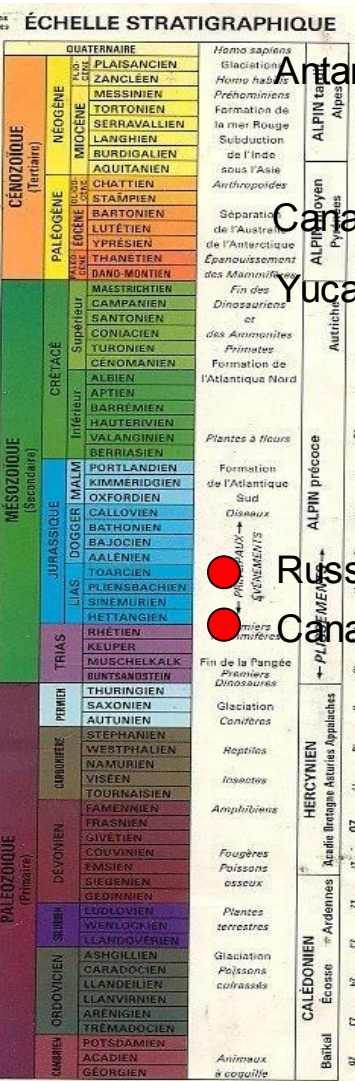
Viluy ?

Siljan (Suède) (50)

Difficile de généraliser !

Les 5 majeures

Les météorites, facteur médiatique ?



Antarctique Ø = 240 km

Canada Ø = 290 km + Russie Ø = 100 km

Yucatan Ø = 205 km ←

Russie Ø = 80 km

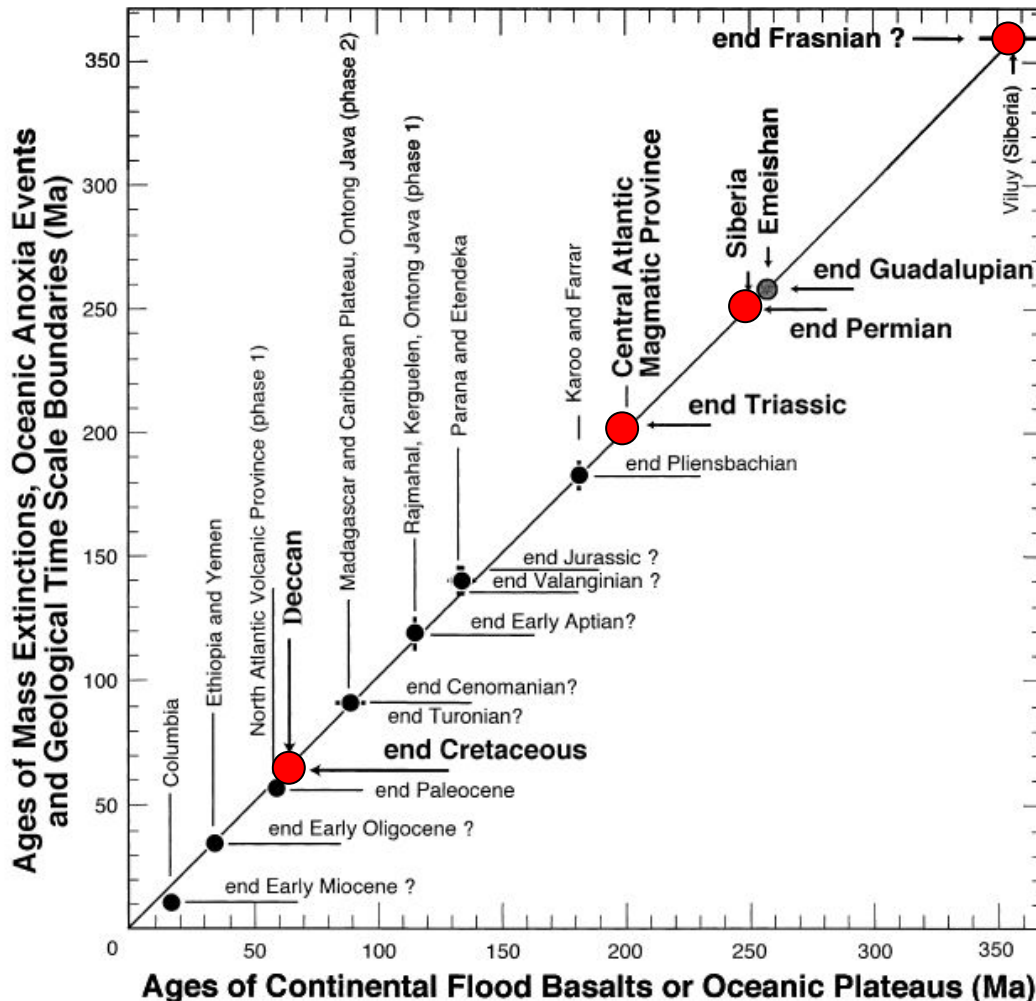
Canada Ø = 70 km ←

- ✓ Deux seulement coincident avec des crises.
- ✓ Les plus gros impacts ne sont pas associés à une crise
- Facteur ni suffisant, ni nécessaire

Une bien faible corrélation

Les 5 majeures

Le volcanisme, facteur nécessaire ?



Il existe des épanchements sans crise:

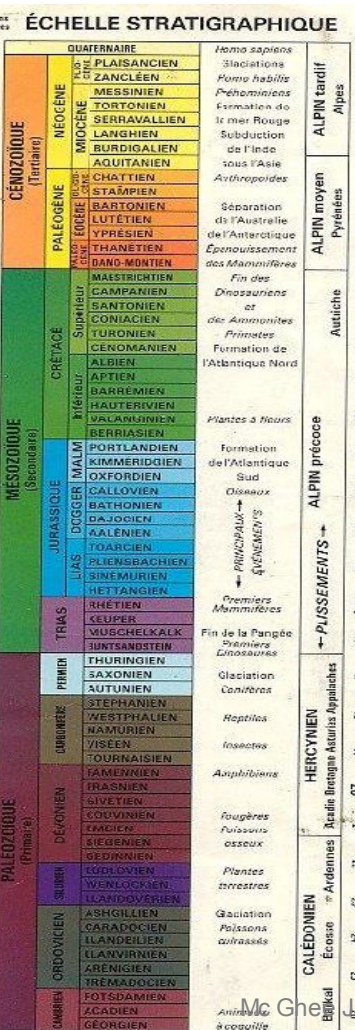
- Pas un facteur suffisant

Conditions pour qu'il soit nécessaire:

- Age Viluy
- Disparition « Ordovicien »

Les 5 majeures

Impacts



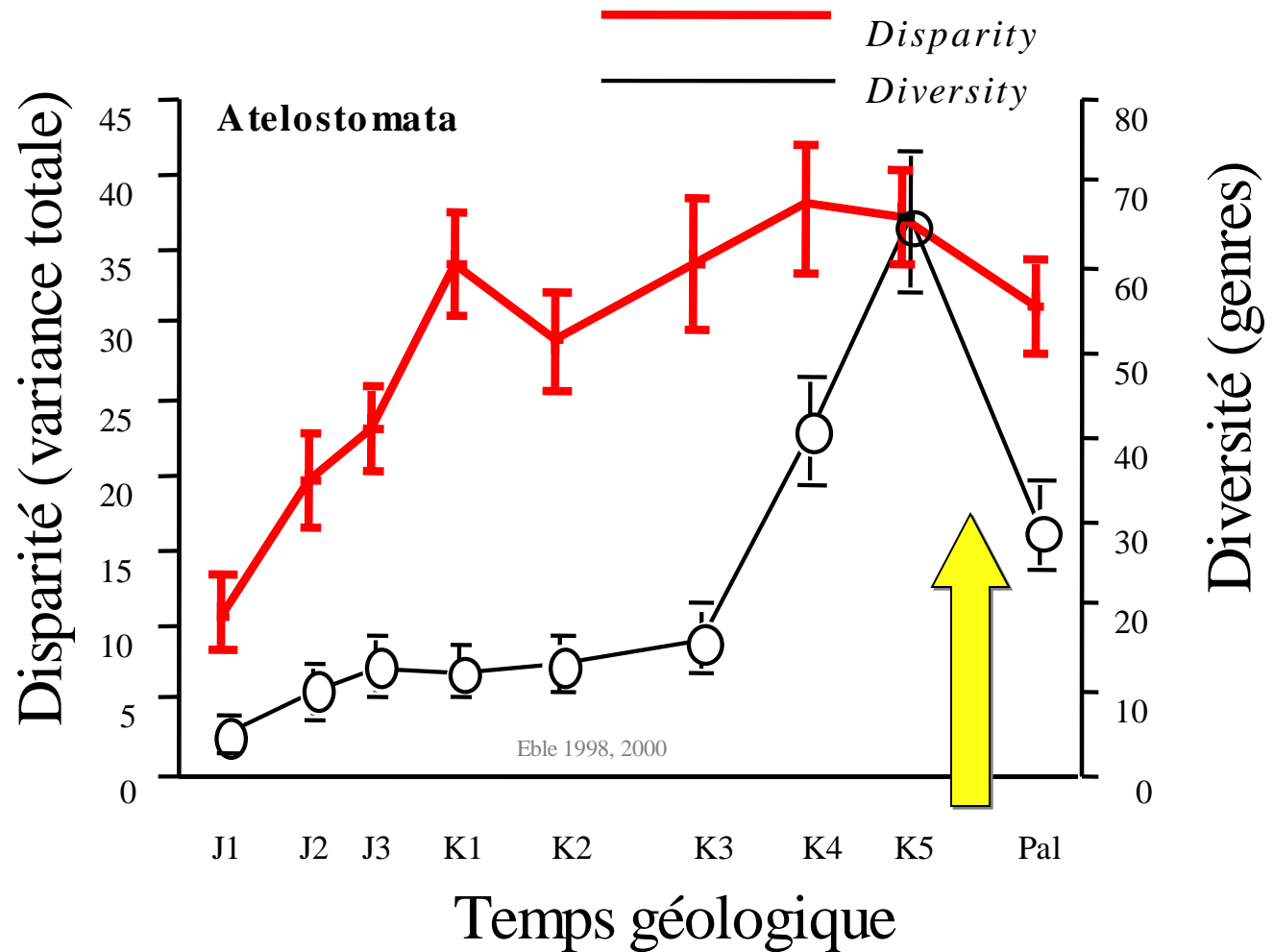
| | % disparition familles | |
|---------------------|------------------------|-------------|
| | Marin | Continental |
| Quaternaire > (K/T) | 14,7 | 6,3 |
| Miocène > (M/C) | 23,4 | 21,7 |
| Crétacé > (C/T) | 47,5 | 61,5 |
| Permien > (P/T) | 27,8 | 43,6 |
| Trias > (T/J) | 24,3 | ----- |

Mc Ghee Jr. et al. 2004

Une autre vision des crises

Diversité vs disparité

Impacts différentiels

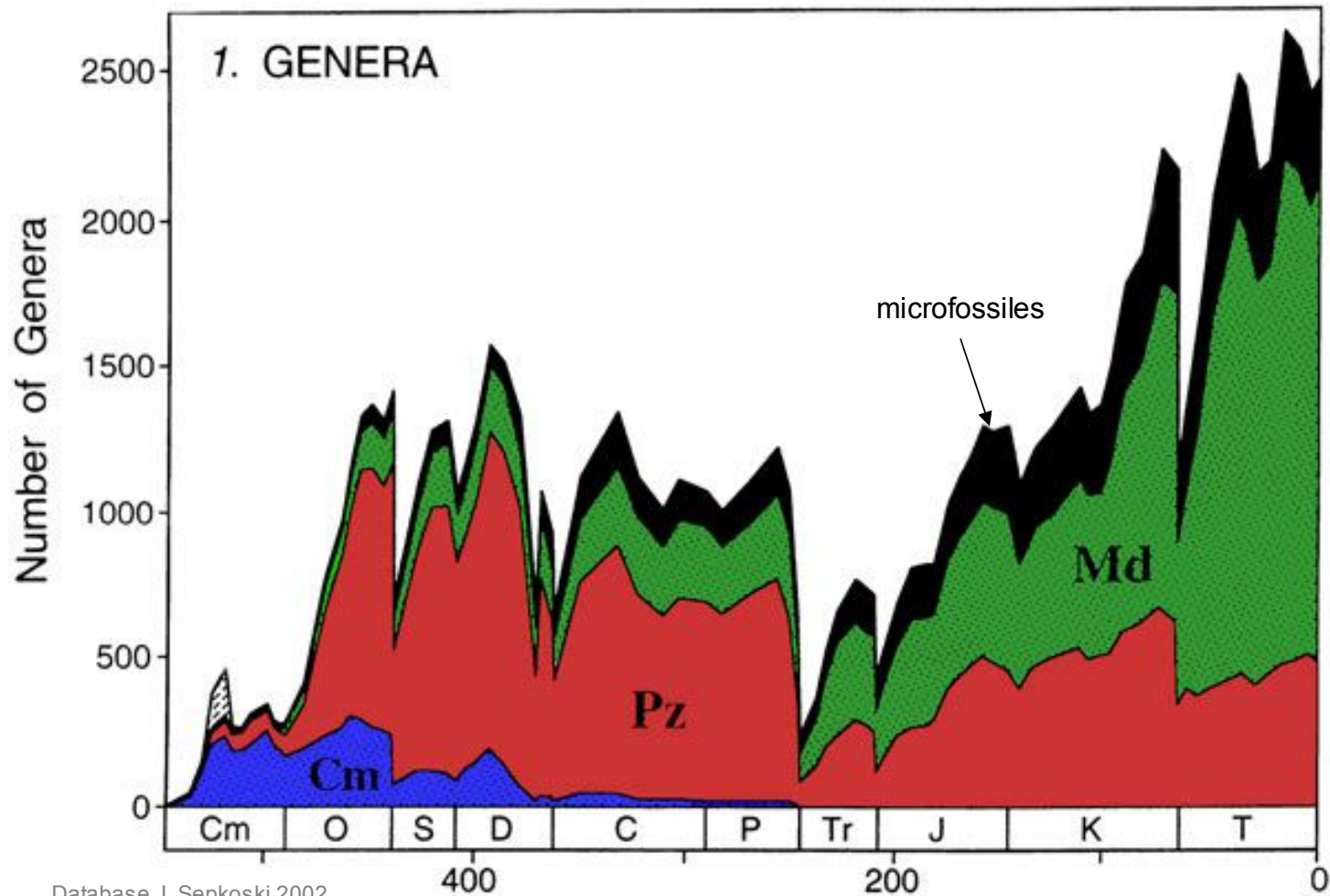


Biodiversité(s)

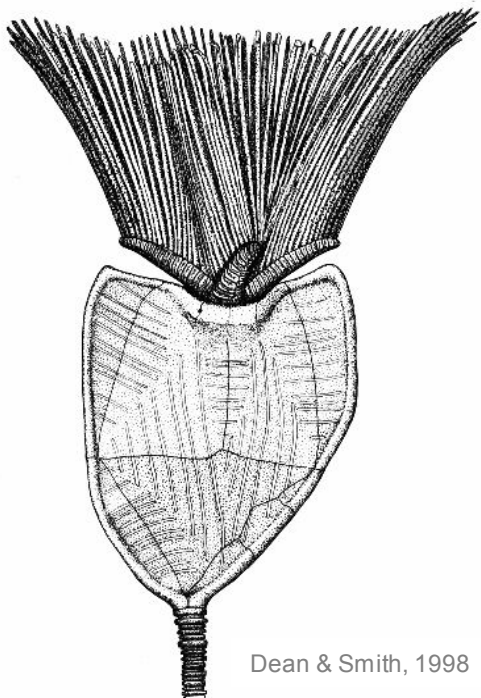
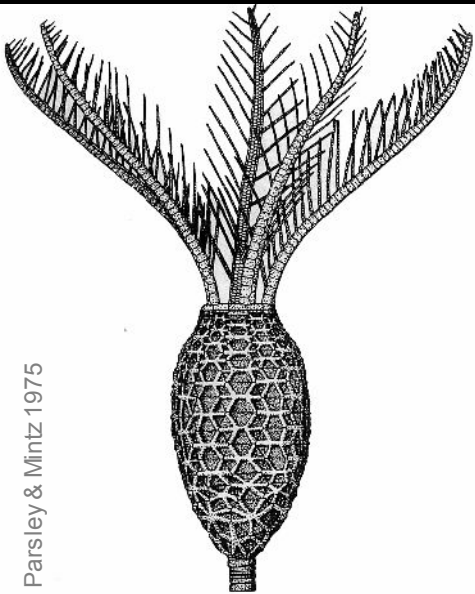
Le rôle structurant des crises

Renouvellement des faunes

Grande échelle de temps



Parsley & Mintz 1975



Dean & Smith, 1998



Renouvellement des faunes



T



K



Biodiversité(s)

Le rôle structurant des crises

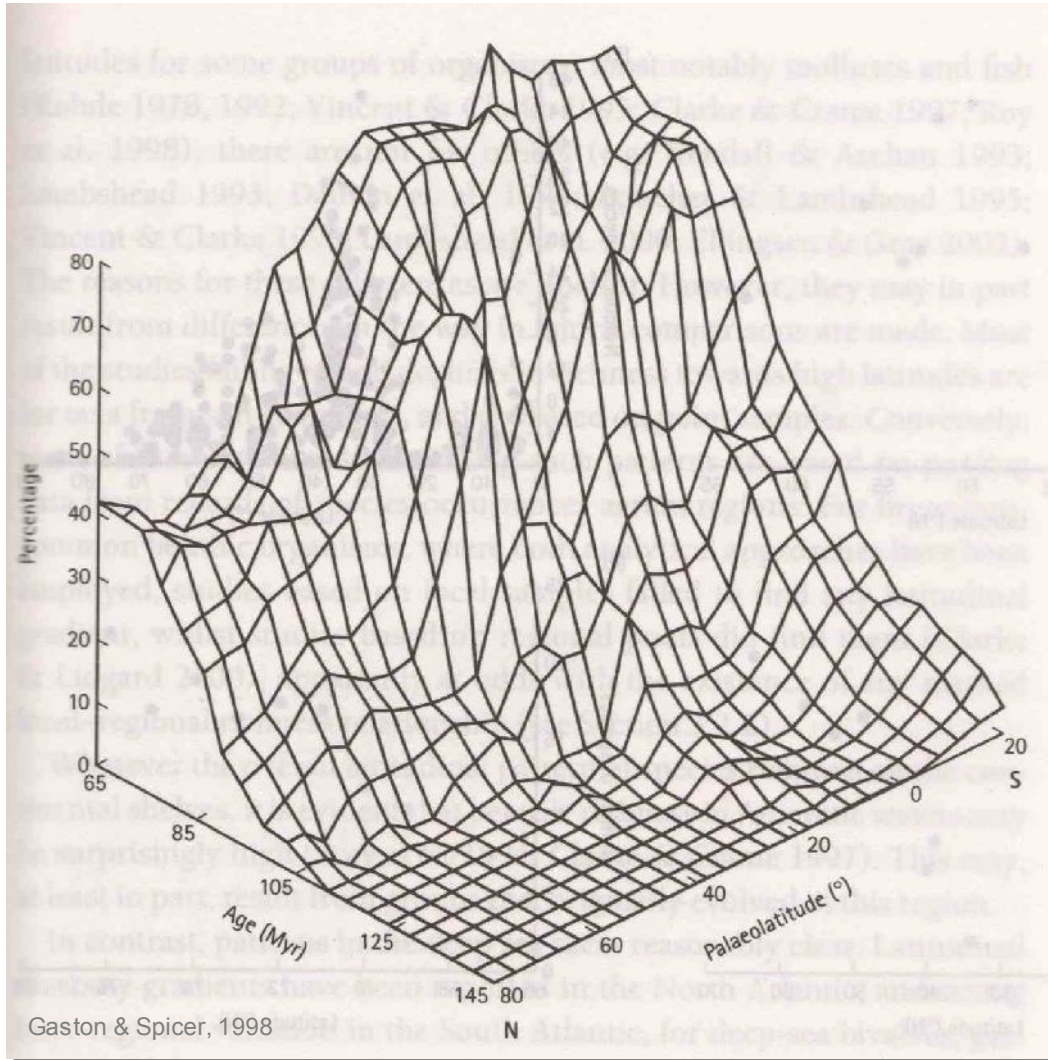
Mais pas que des crises !

La radiation des angiospermes



Une restructuration tranquille

La radiation des angiospermes



Vision dynamique
Plus de 80% de la
flore est transformée

Une restructuration intense

Biodiversité(s)

Retour vers le futur (et le présent)

La 6^{ème} crise

Mythe ou réalité ?

La 6^{ème} crise

« Anecdotes » historiques



✓ Titus, inauguration du Colisée

- 5000 à 9000 fauves

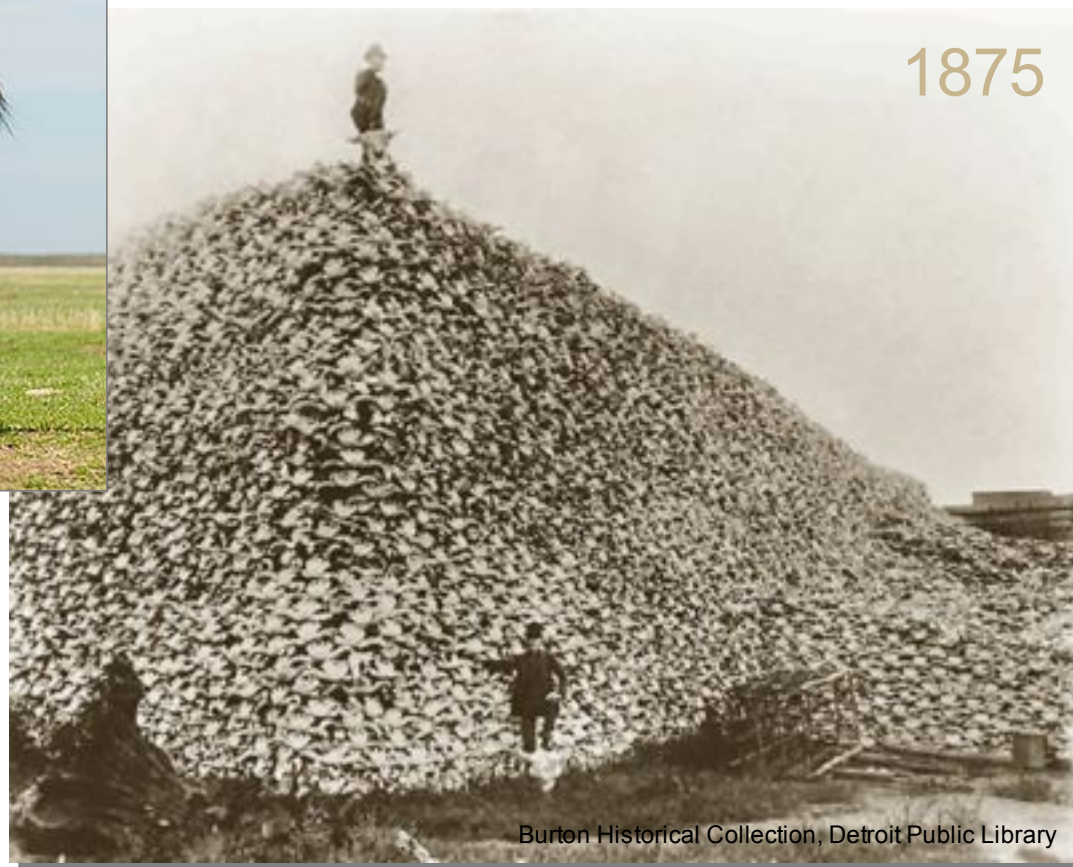
✓ Trajan, victoire sur les Daces

- 11000 lions, ours, panthères, taureaux, hippopotames...

cache.eb.com/eb/image?id=91344&rendTypeld=4

La 6^{ème} crise

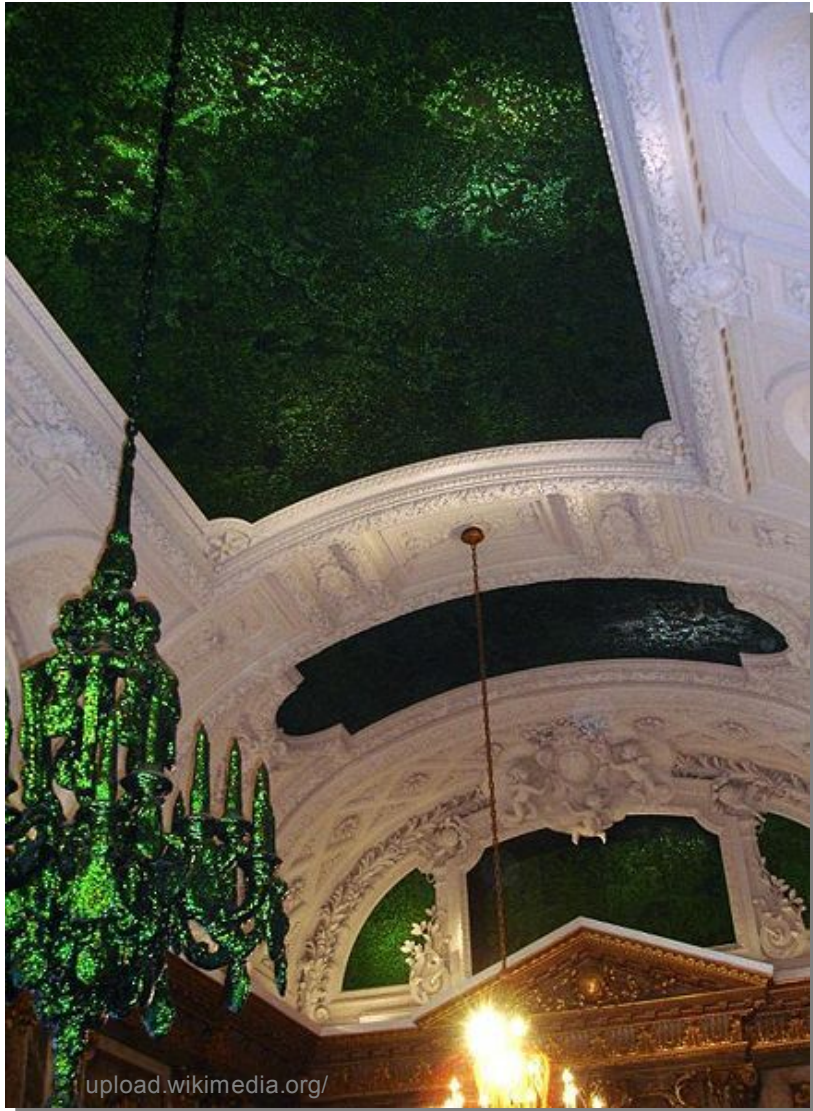
« Anecdotes » historiques



Près de 5 millions en
quelques années

La 6^{ème} crise

« Anecdotes » historiques

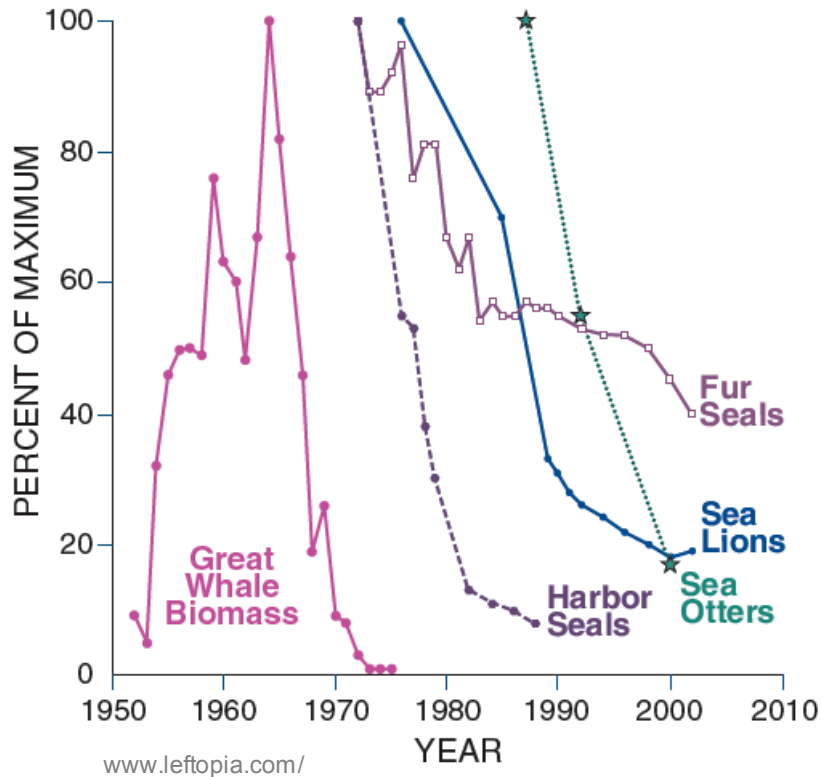


✓ Albert 1^{er}, Bruxelles

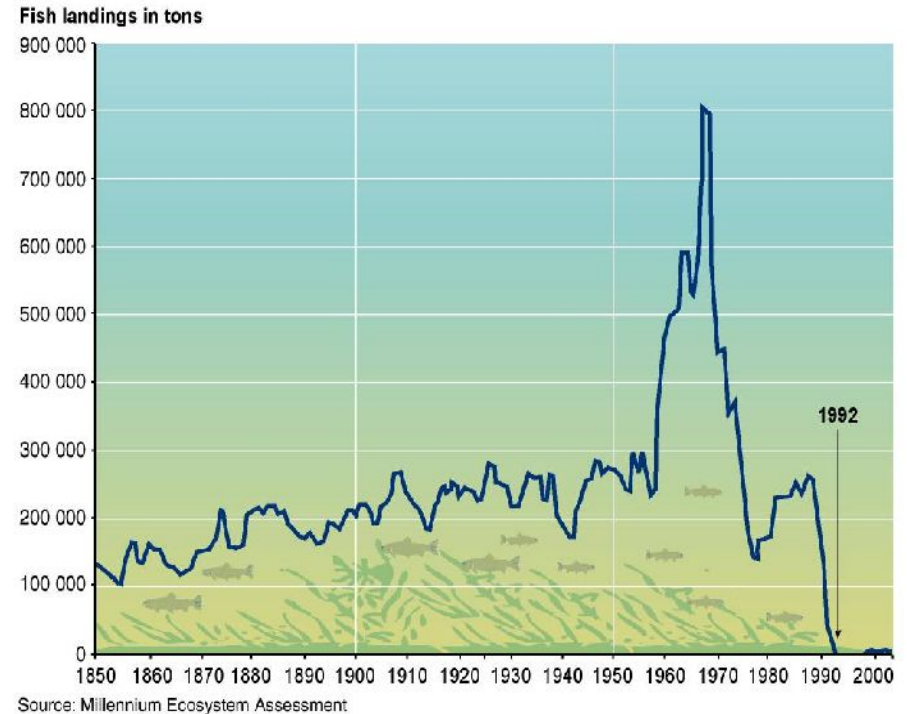
- 1,4 millions de buprestes

La 6^{ème} crise

Observations récentes



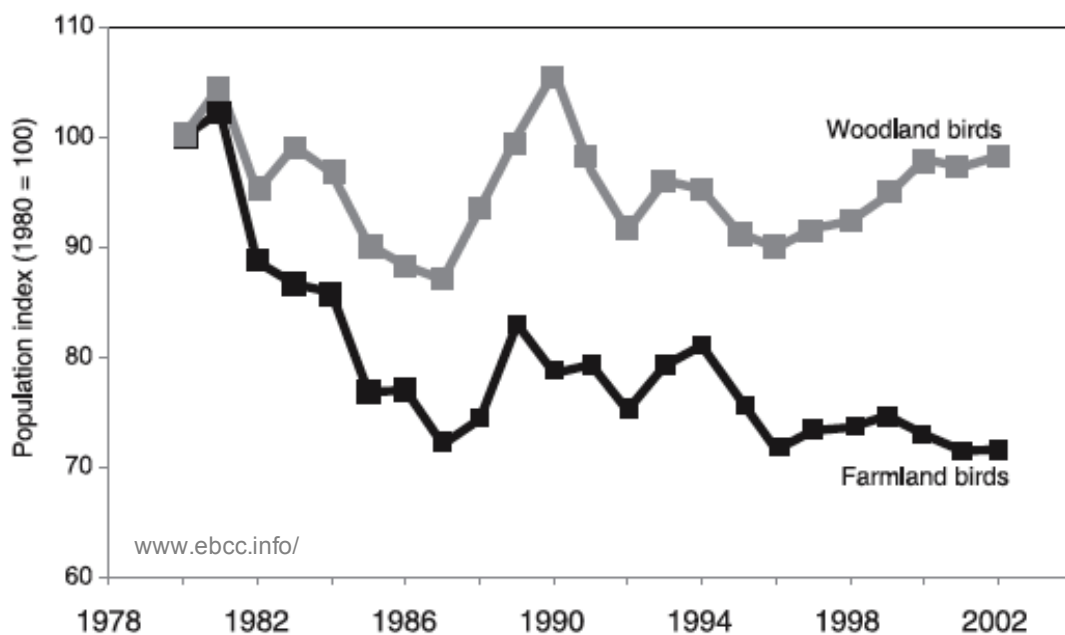
Effondrement des mammifères marins du Pacifique Nord



Fluctuation du stock de morues dans l'Atlantique Nord

La 6^{ème} crise

Observations récentes

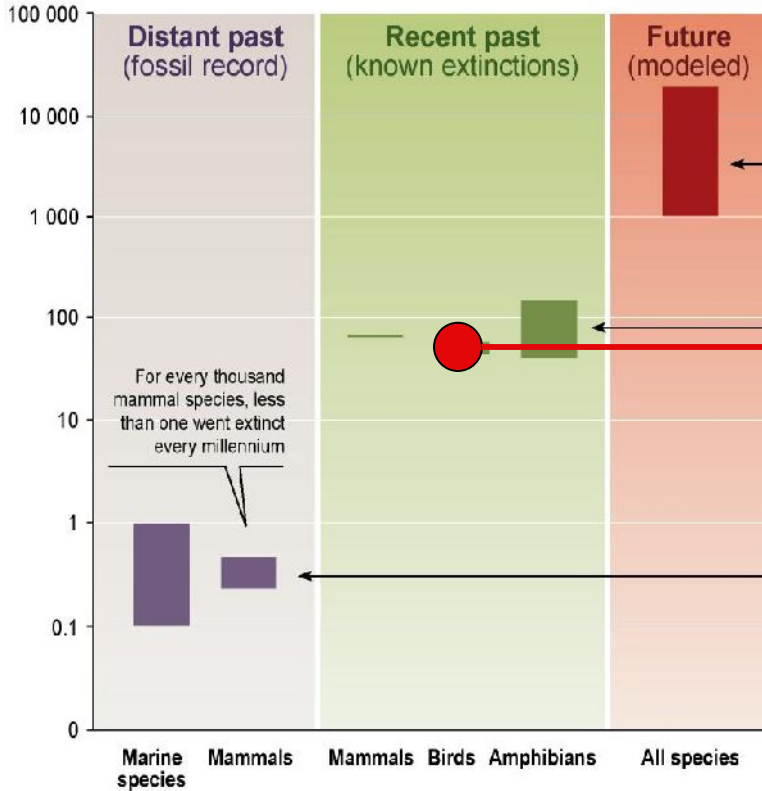


Fluctuation des populations
d'oiseaux européens depuis 1980

La 6^{ème} crise

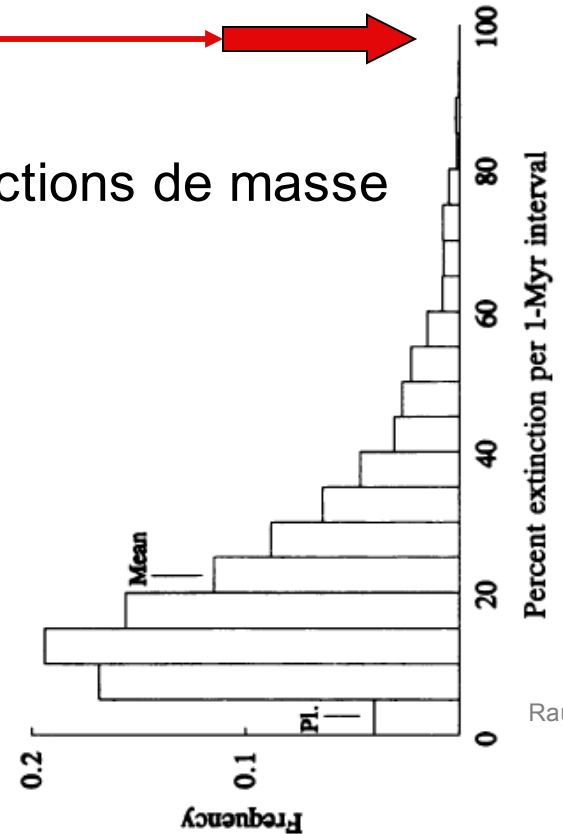
comparaisons

Extinctions per thousand species per millennium



Source: Millennium Ecosystem Assessment

Extinctions de masse



Raup, 1994

Taux d'extinction: nb. sp. / an

% d'extinction / 10⁶ ans

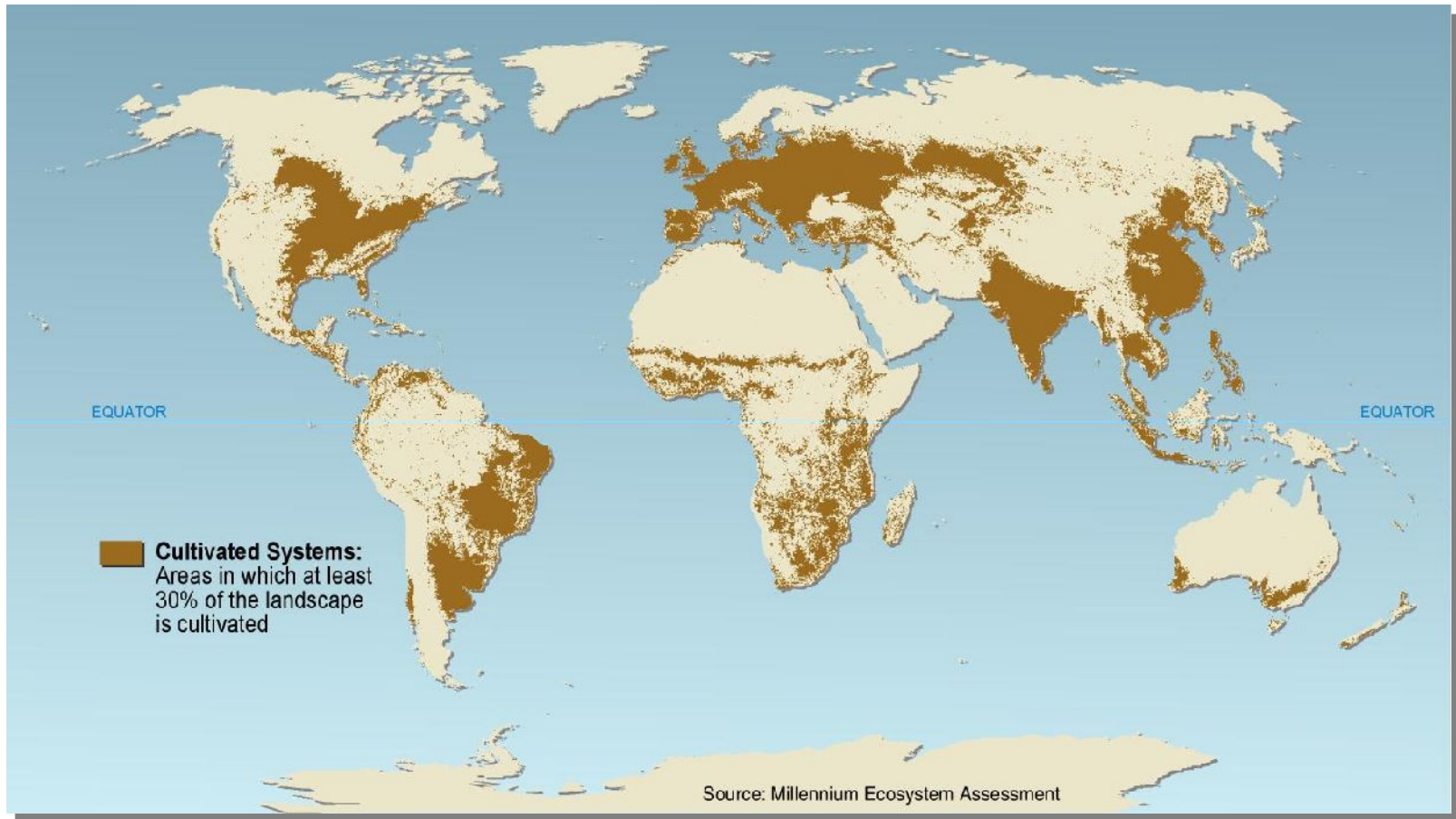
Des extrapolations inquiétantes

Usages de la planète

Anthropisation ancienne



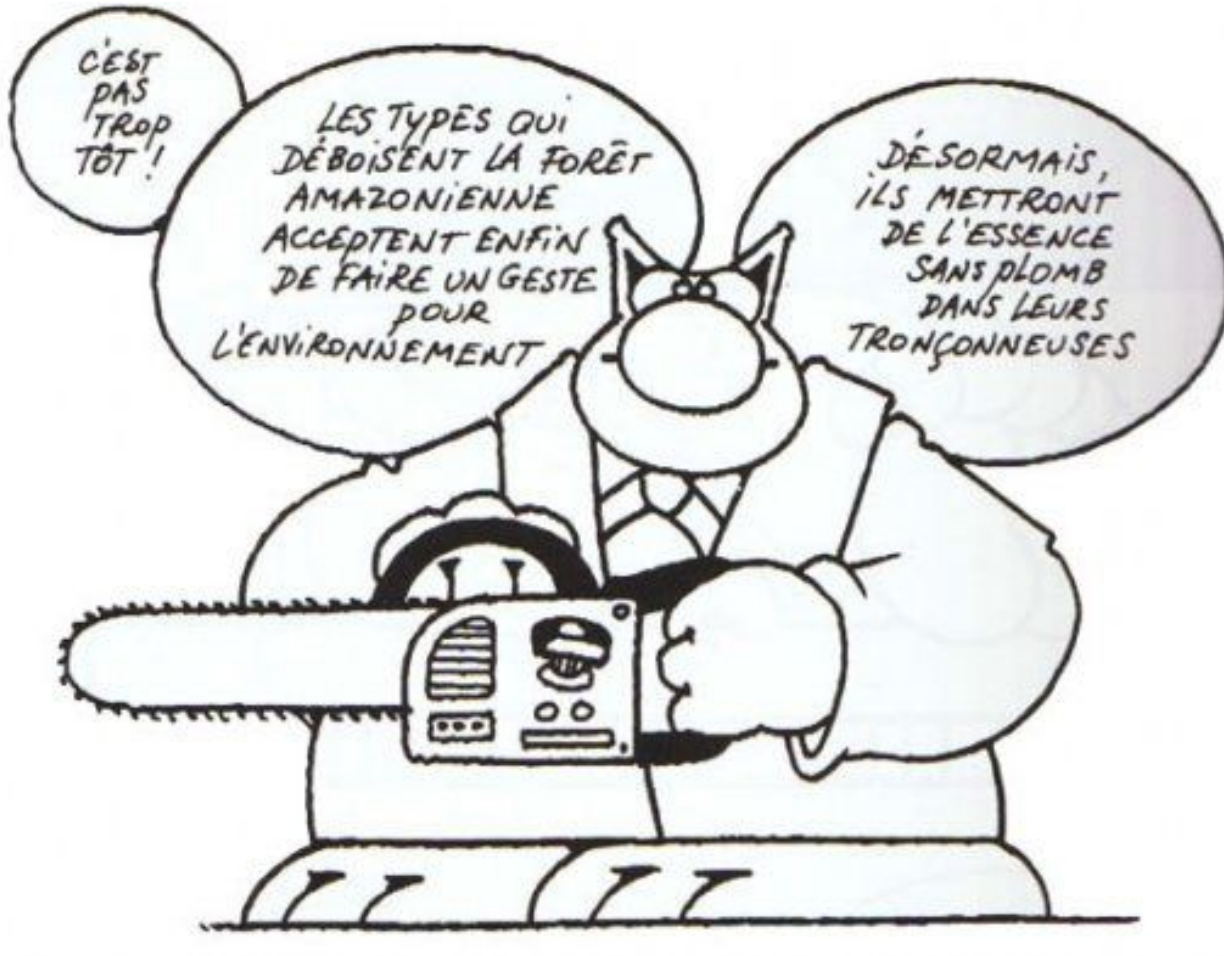
Usages de la planète



En 2000 les systèmes de culture couvraient 25% des terres émergées
(définis comme les zones où 30% du paysage sont dévolus à l'agriculture)

Usages de la planète

Déforestation



L'impact d'une politique

La 6^{ème} crise

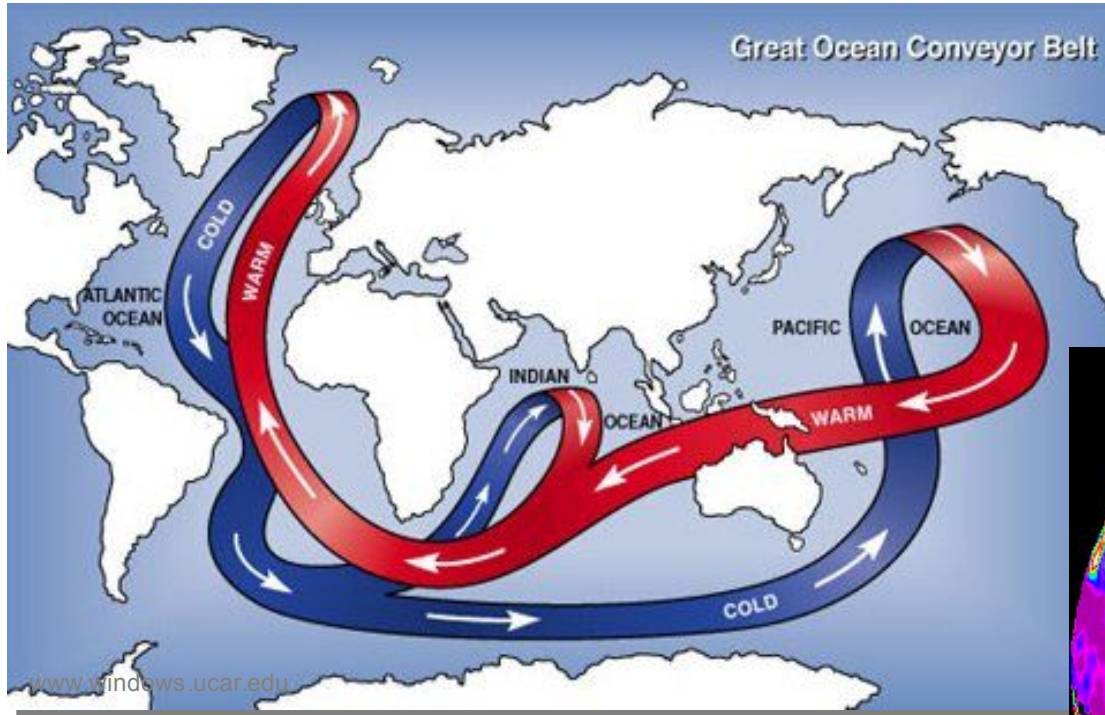
Dans son cadre climatique

Dans son cadre géographique

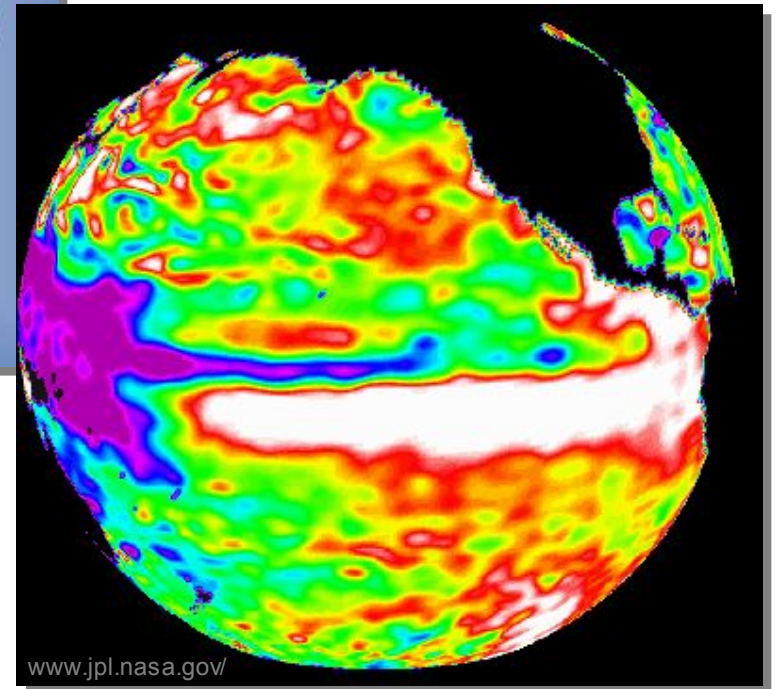
Dans son cadre macroécologique

Un contexte original

L'océan moteur du climat

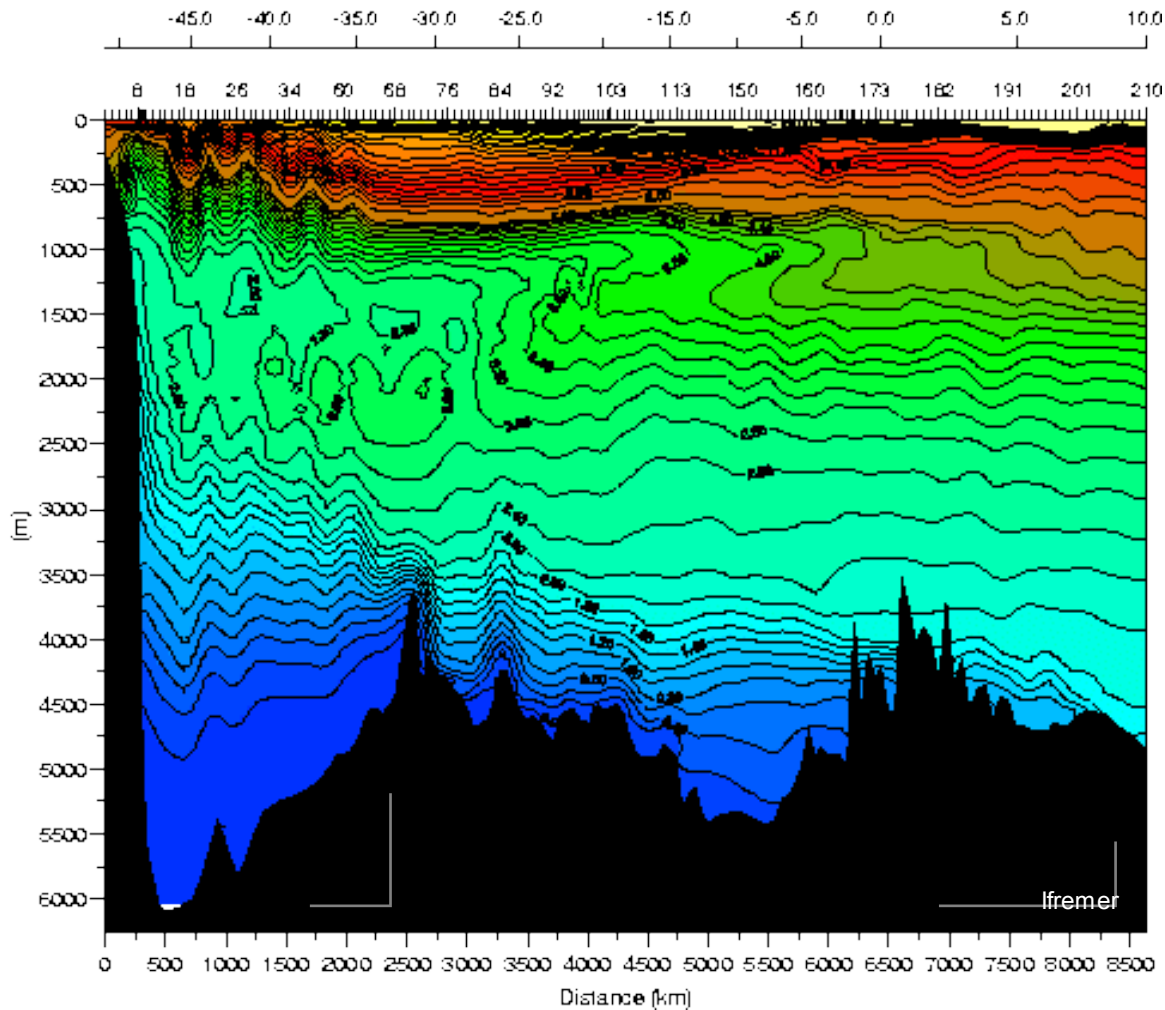


El niño 1992



Circulation thermohaline

La psychrosphère

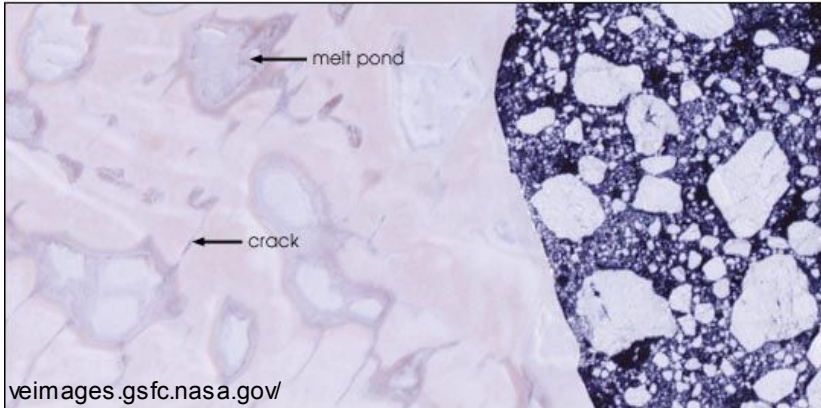
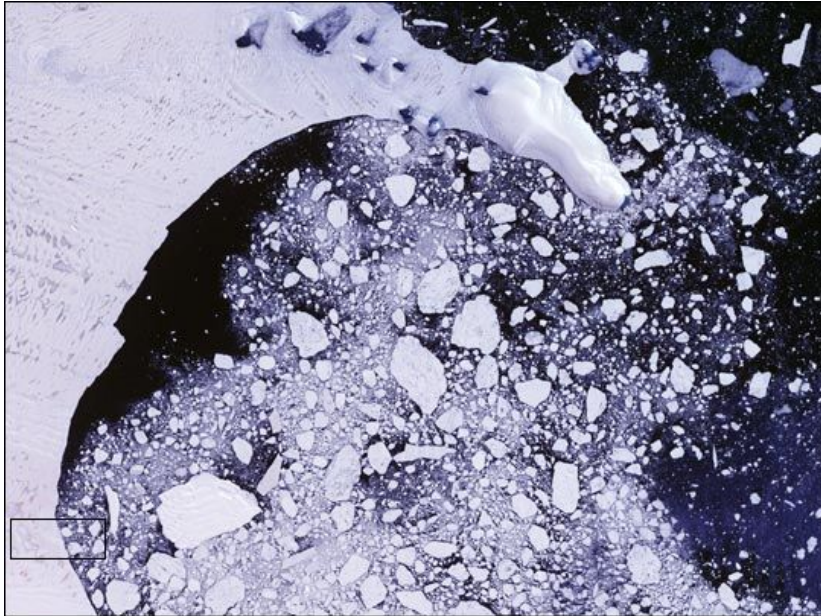


Une situation originale

- Actuel
- Carbonifère
- Ordovicien

Températures de l'Atlantique Sud

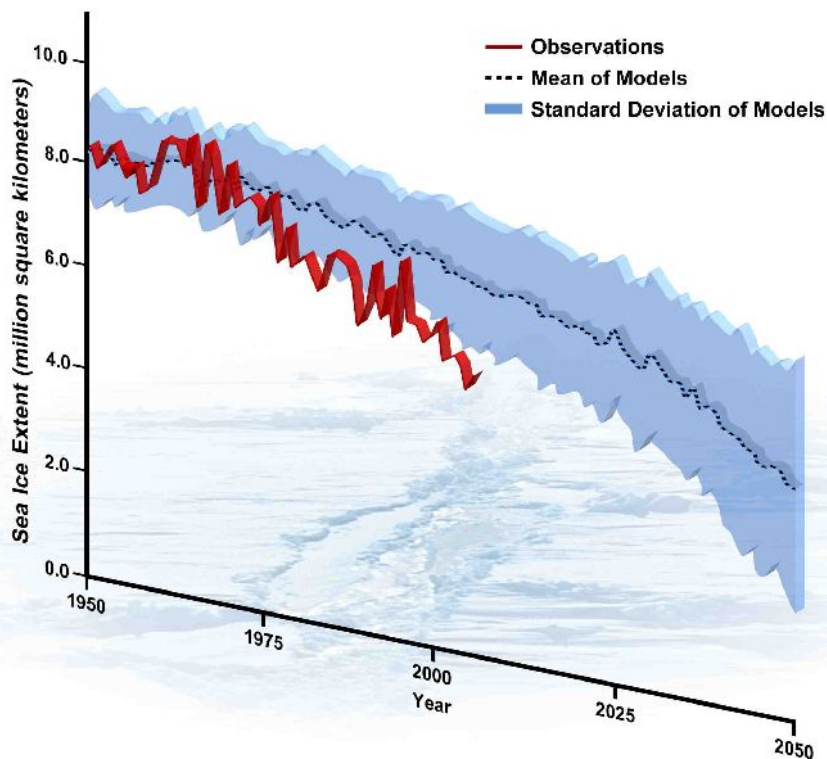
Changement climatique



Une réalité

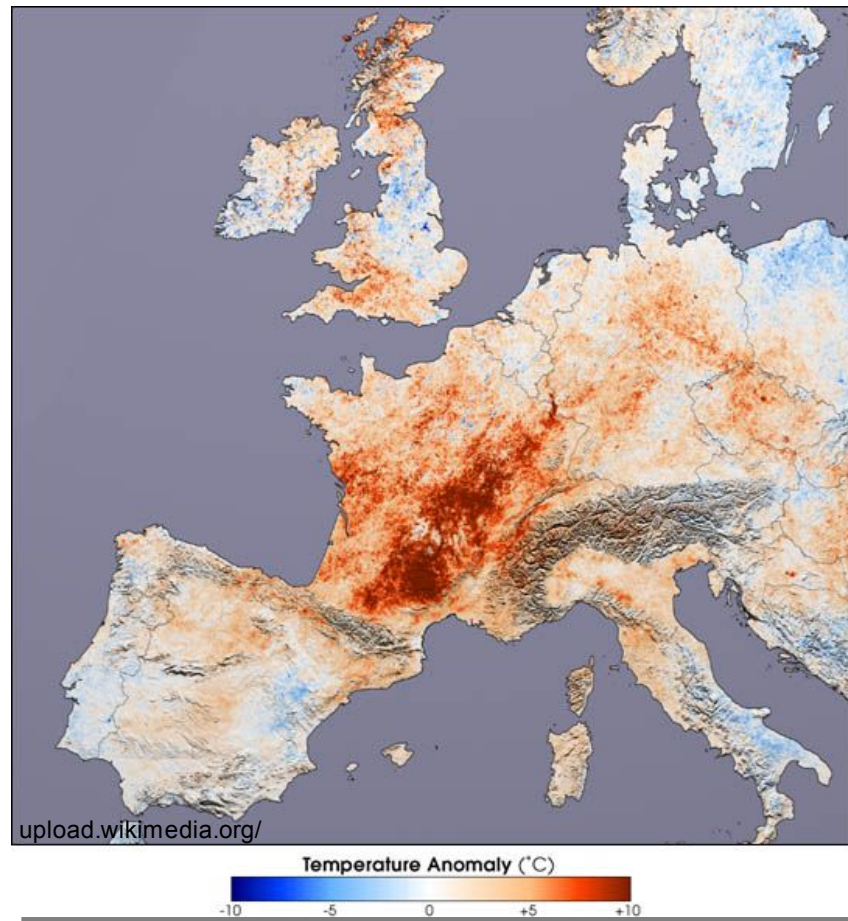
Changement climatique

Arctic September Sea Ice Extent:
Observations and Model Runs



NSIDC data/UCAR image

Extension de la glace arctique



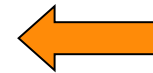
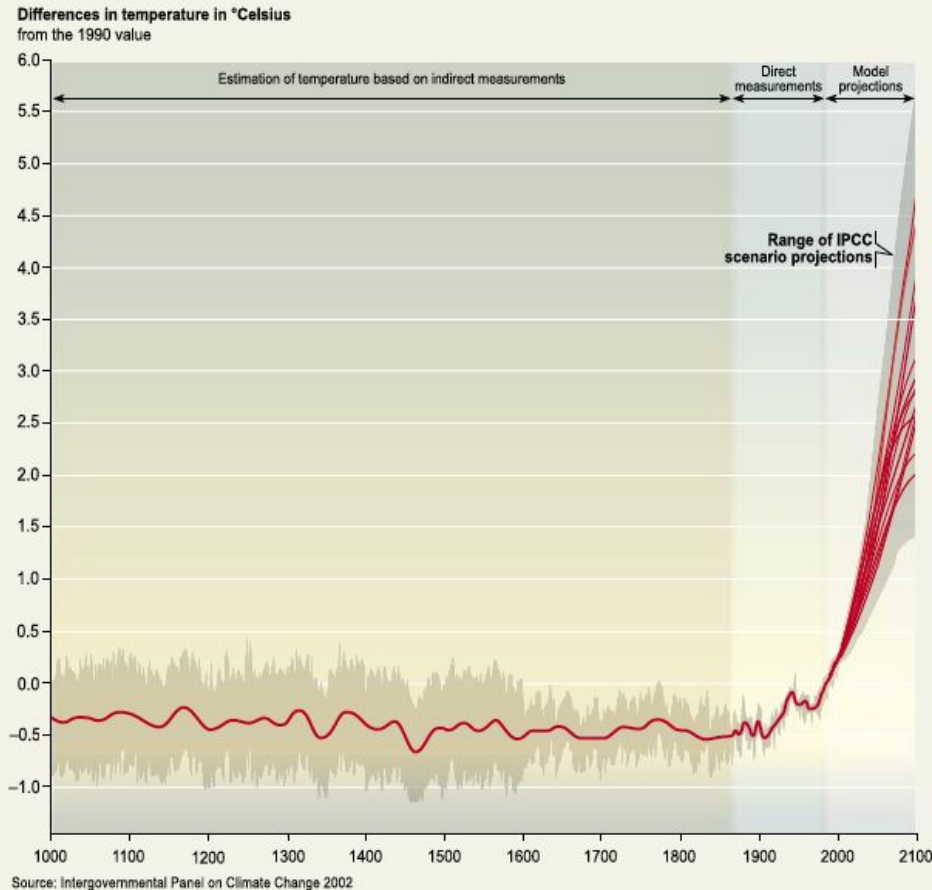
Canicule 2003

Une réalité

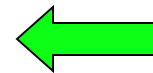
Changement climatique

Extrapolations vers le futur

Estimated global temperature averages for the past 1,000 years, with projections to 2100 depending on various plausible scenarios for future human behavior.



Projection 2100

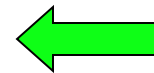
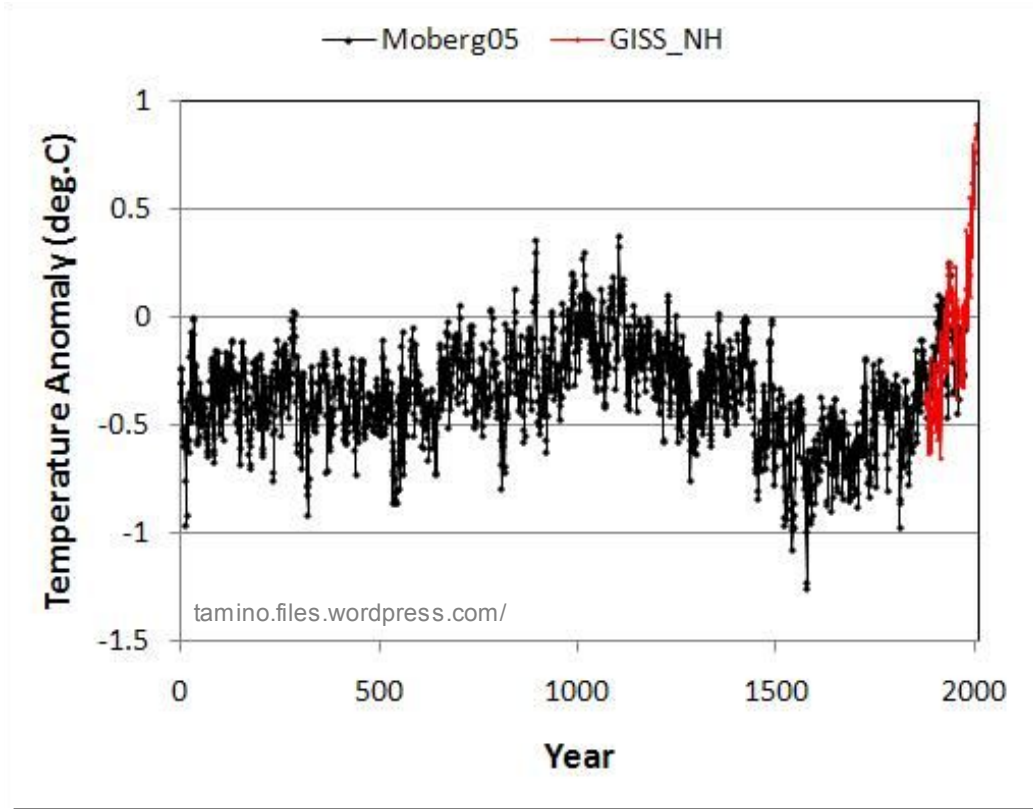


Référence 1990

Joue-t-on à se faire peur ?

Changement climatique

Comparaisons avec le passé récent



Référence 1990

Taux actuel = 64% plus
rapide que le plus rapide
du taux médiéval

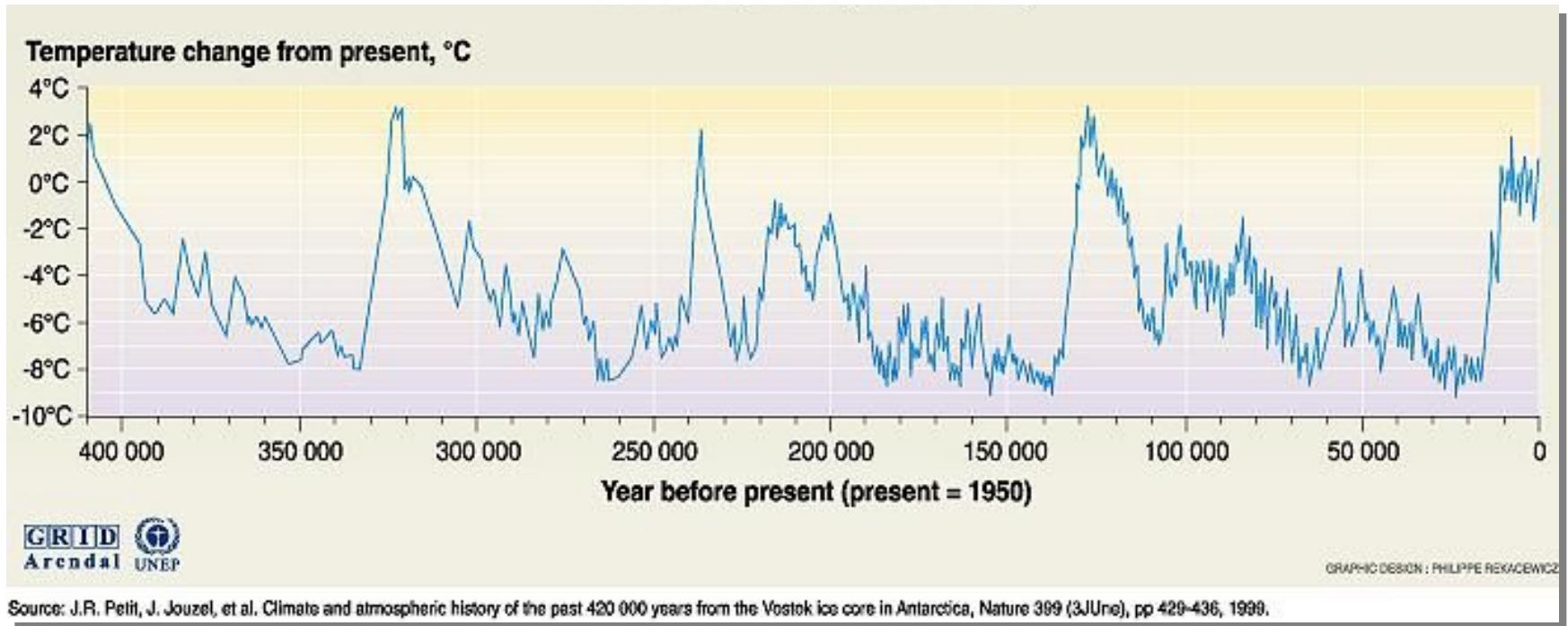
Estimations - mesures

Comparaisons

Changement climatique

Comparaisons avec le passé ancien

Cycles glaciaires - interglaciaires



Estimations à partir des carottes de glace de Vostok (référence = 1950)

Sortie de glaciaire $\approx 10^{\circ}\text{C}$ en 5000 ans !

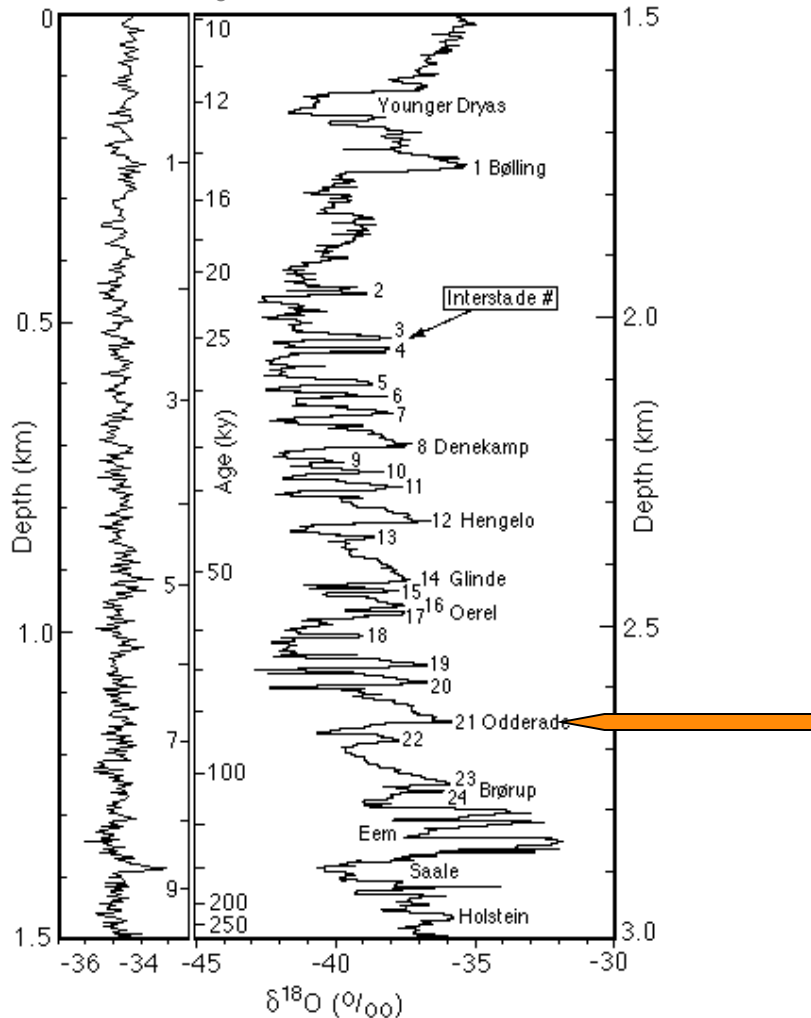
Comparaisons

Changement climatique

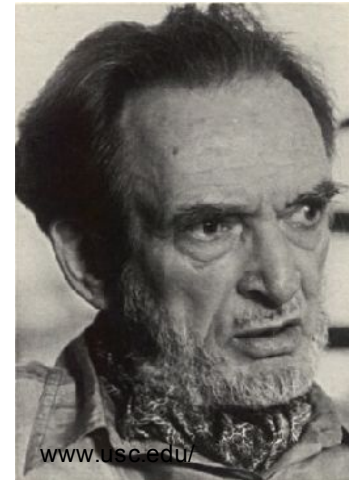
Comparaisons avec le passé ancien

D'autres événements rapides

www2.ocean.washington.edu/



24 événements (excursions négatives du $\delta^{18}\text{O}$) entre 110 000 et 12 000 ans



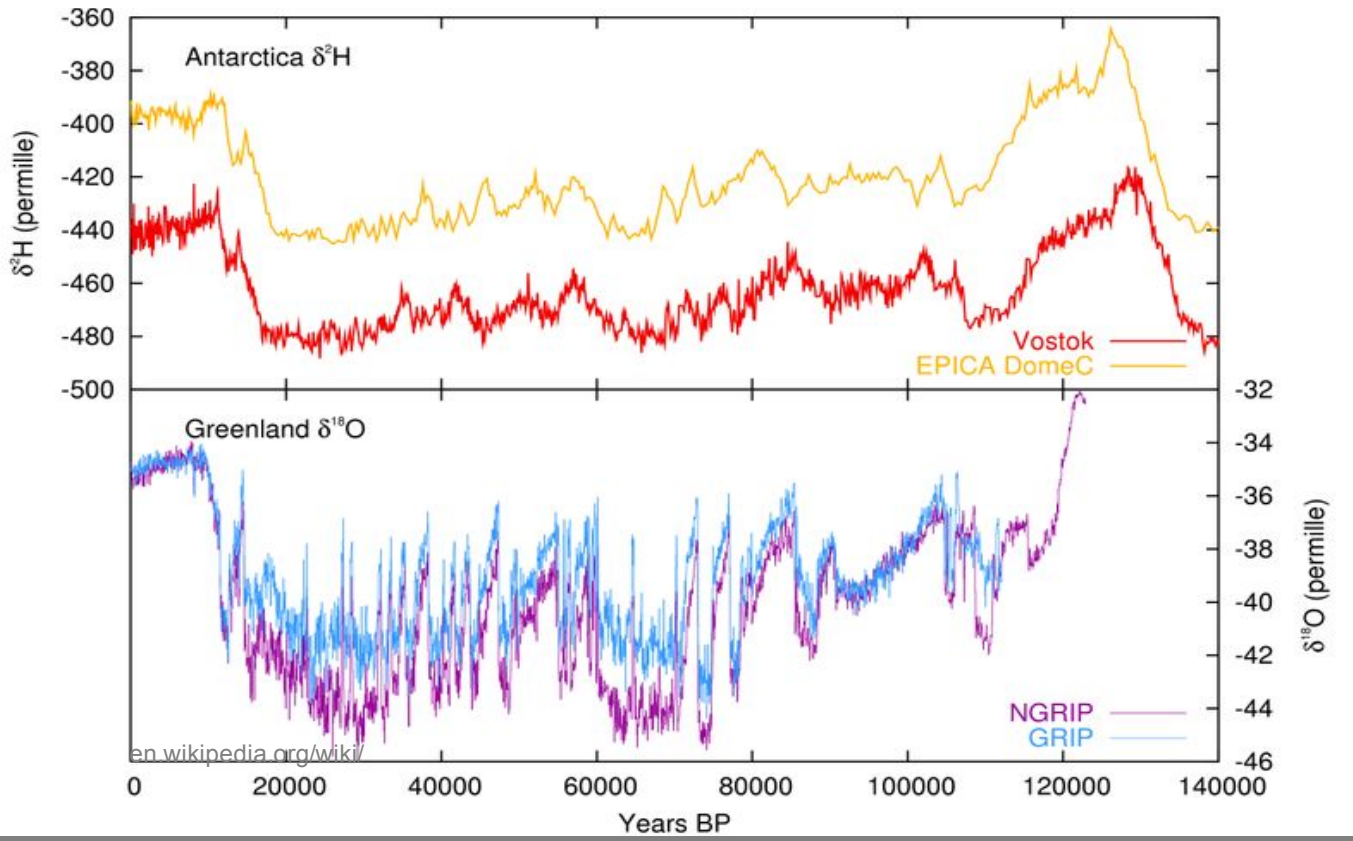
Dansgaard-Oeschger

(Heinrich)

Changement climatique

Comparaisons avec le passé ancien

Les événements de Dansgaard-Oeschger



Antarctique

Groenland

Estimations $\approx + 6-7^\circ\text{C}$ en 50-60 ans !

Refroidissement plus progressif

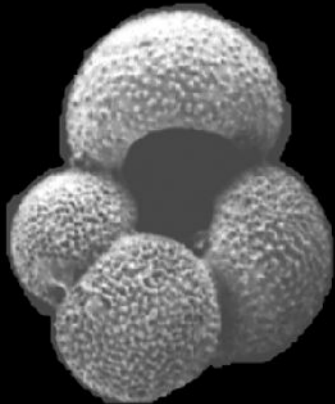
Changement climatique

Comparaisons avec le passé ancien

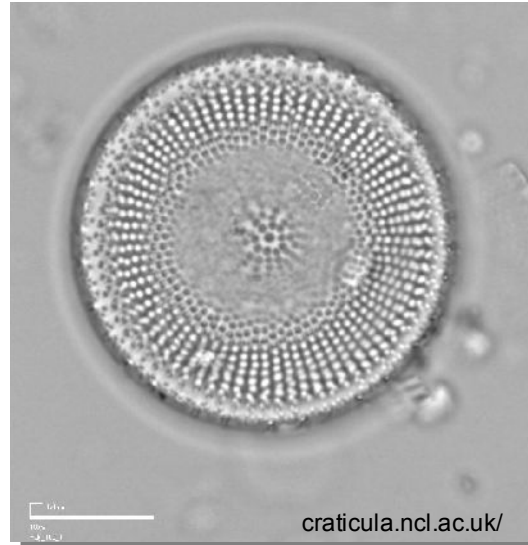
Les événements de Dansgaard-Oeschger

RAPIDES, MAIS

- Événements limités à l'hémisphère nord
- Dans le contexte très froid d'un glaciaire
- Impacts divers sur les faunes



www.ucl.ac.uk/



craticula.ncl.ac.uk/



Danpognel musette (Clothronomys glareolus)
© Erny & J. Schick

Climat x biosphère

Situation actuelle

Migrations climatiques
Quelques années !



Espèces invasives

Déplacements anthropiques



Jussie
Un siècle !

Introduction en 1820 (Sud de la France)
Camargue et Aquitaine
Depuis 30 ans >>>> Belgique



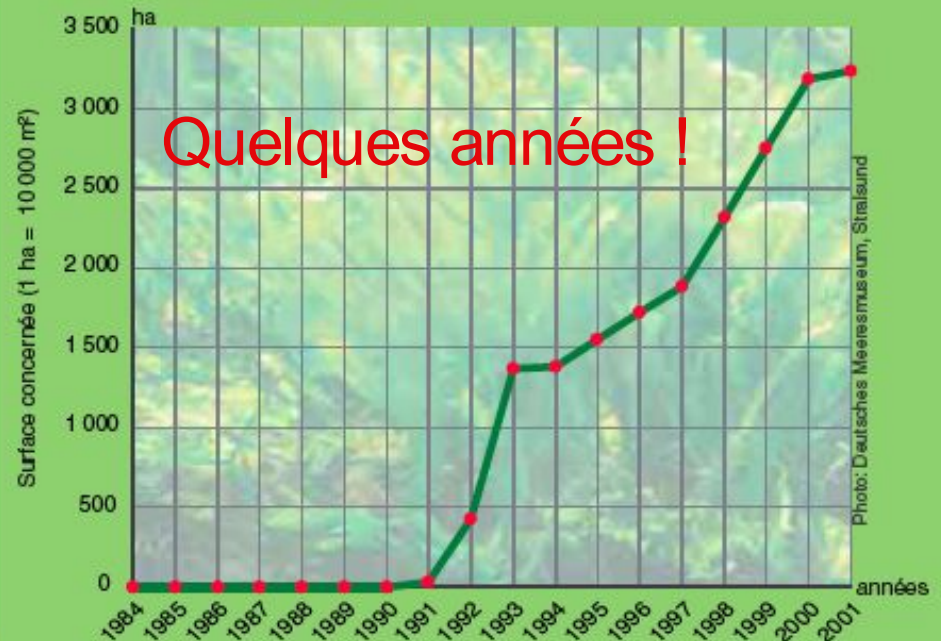
Espèces invasives

« Maladresse » anthropique



Caulerpa taxifolia

Evolution de la surface colonisée par *Caulerpa taxifolia* sur les côtes françaises et monégasques¹ (PNUE)



- Introduction vers 1984 (Monaco)
- Depuis 25 ans >>>> bassin méditerranéen (30 000 h)
- USA et Australie

Le contexte de la 6^{ème} crise

Organisation macroécologique

**Conséquence d'une structuration climatique
et géographique de la Terre.**

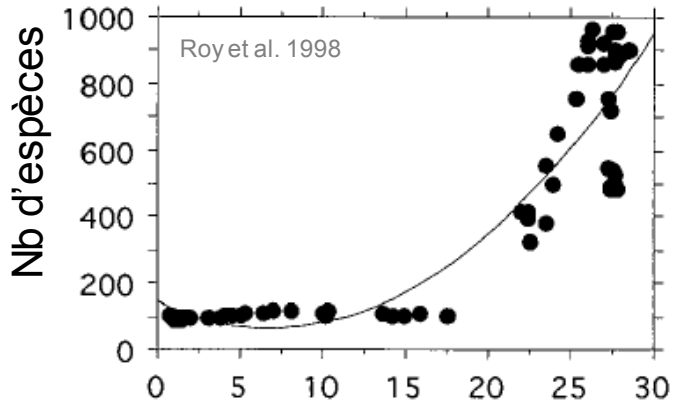


Organisation macroécologique

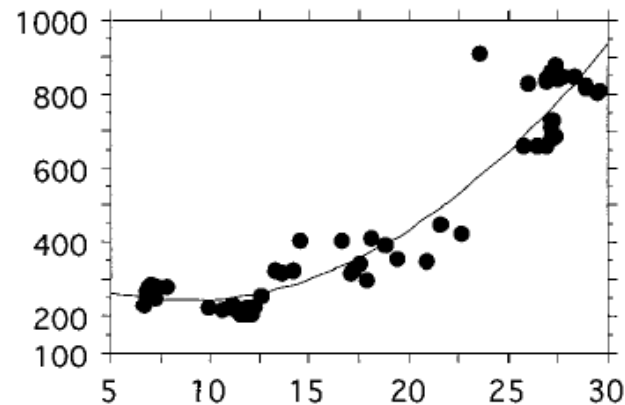
Gastéropodes prosobranches



Atlantique W.



Pacifique E.

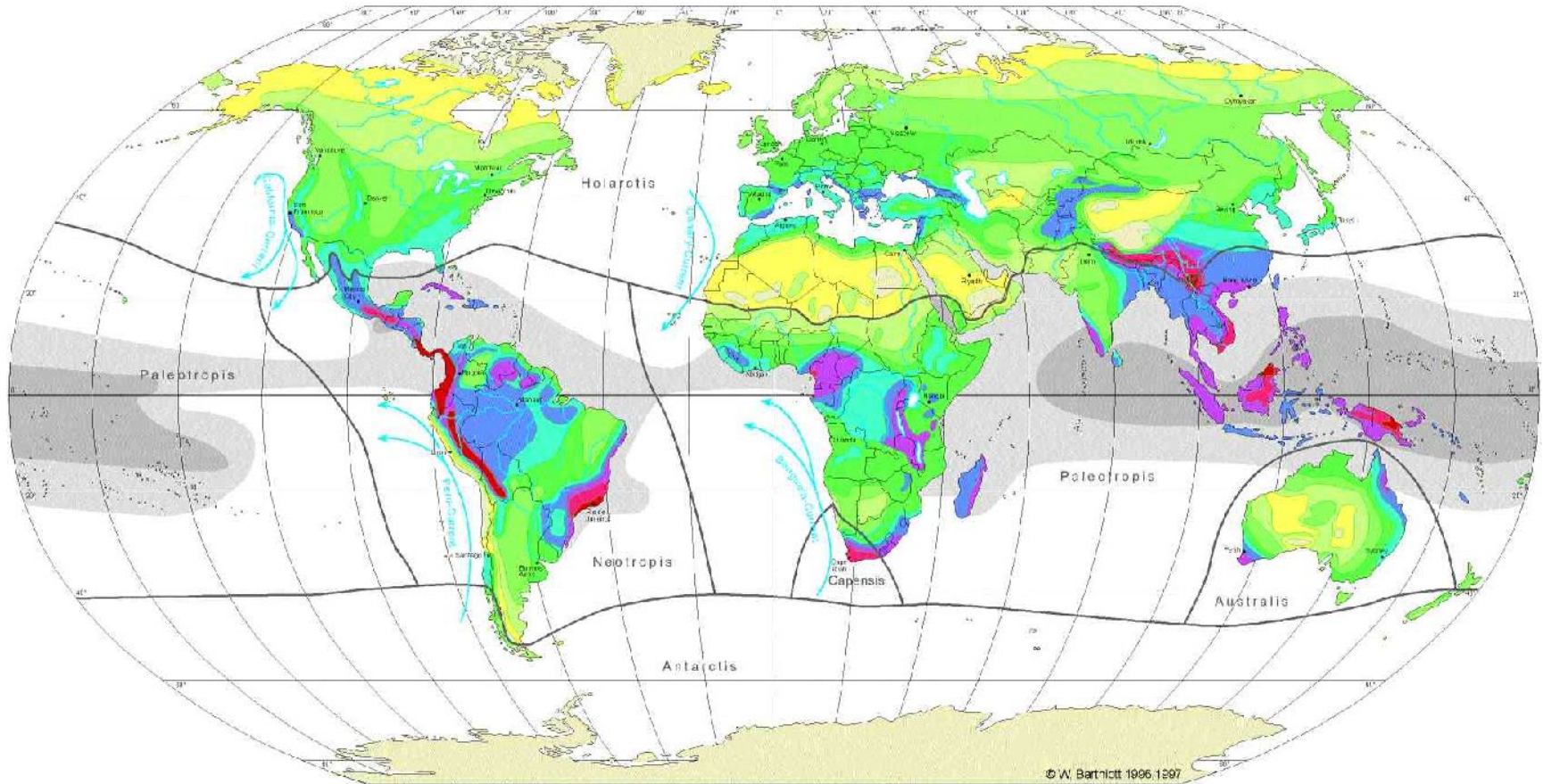


Température de surface de l'océan

Diversité et température (énergie)

Organisation macroécologique

GLOBAL BIODIVERSITY: SPECIES NUMBERS OF VASCULAR PLANTS



Robinson Projection
Standard Parallels 56°N and 36°S
Scale 1: 130,000,000

Diversity Zones (DZ): Number of species per 10,000km²



sea surface temperature



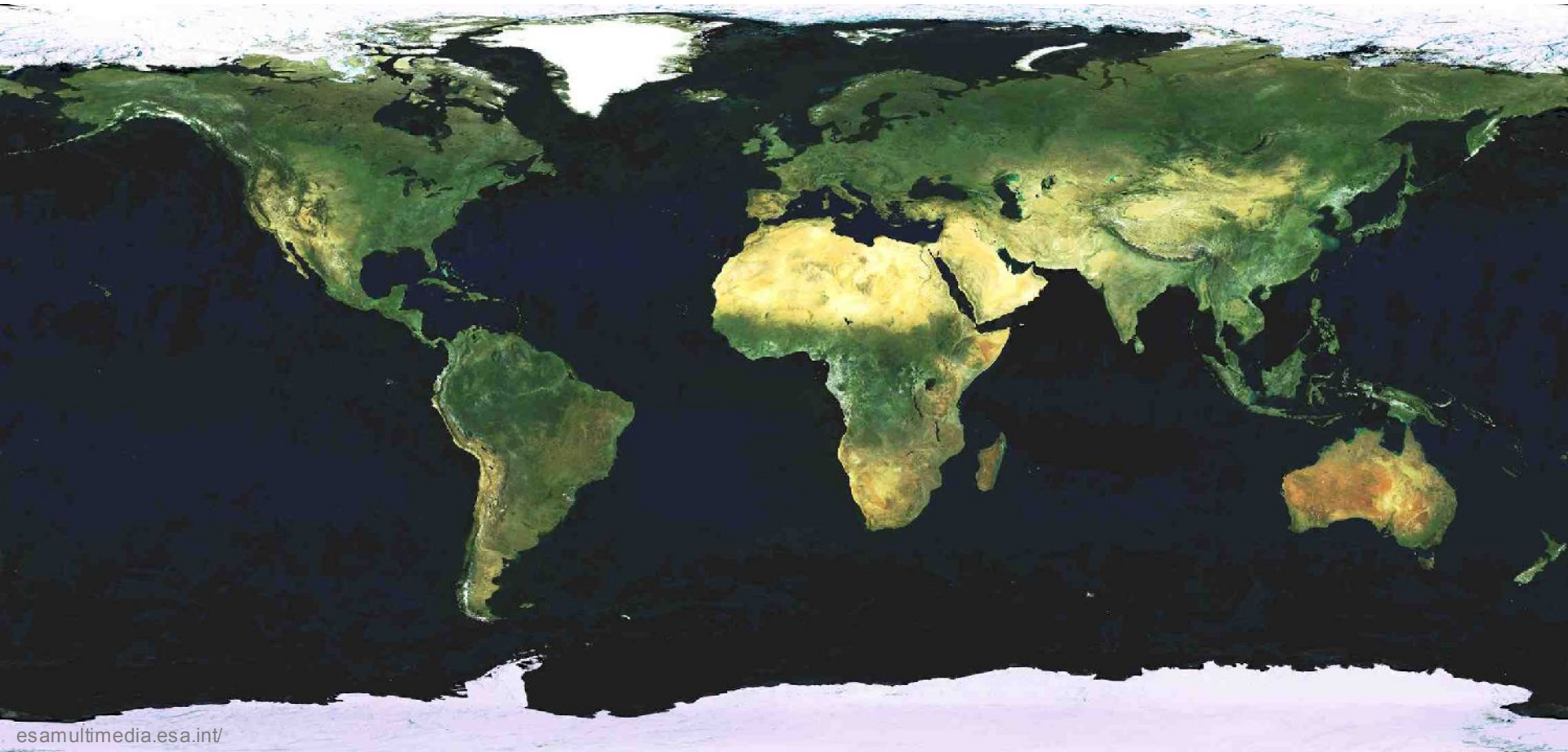
cold currents

W. Barthlott, N. Biedinger, G. Braun
F. Fogel, G. Kier, W. Lauer & J. Mutke 1997
modified after
W. Barthlott, W. Lauer & A. Pläcke 1996
Department of Botany and Geography
University of Bonn
German Aerospace Research Establishment, Cologne
Cartography: M. Gref
Department of Geography
University of Bonn

www.brazadv.com/i

« Hot spots »

Le contexte de la 6^{ème} crise



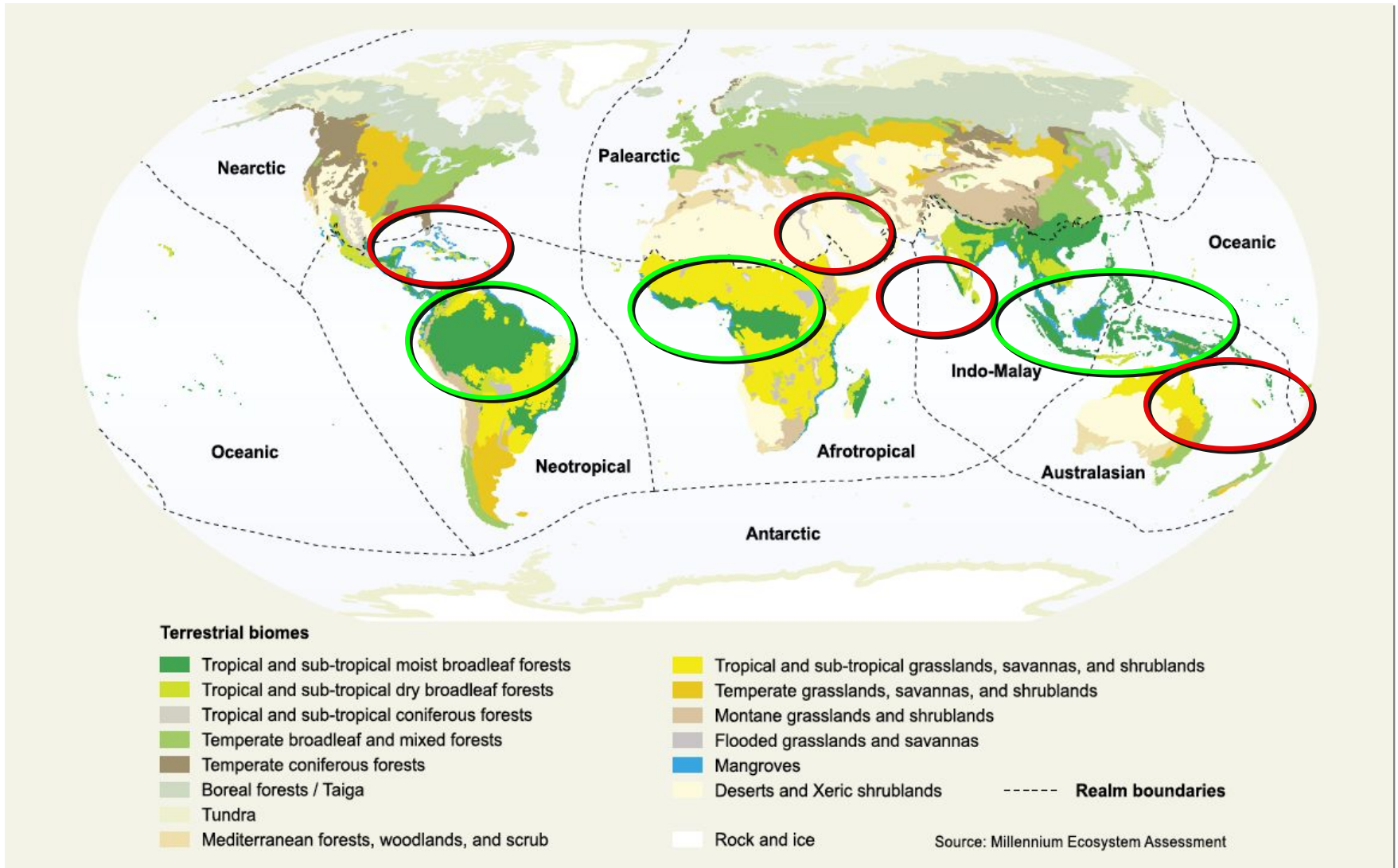
esamultimedia.esa.int/

Biome = communauté écologique

Biota = communauté historique

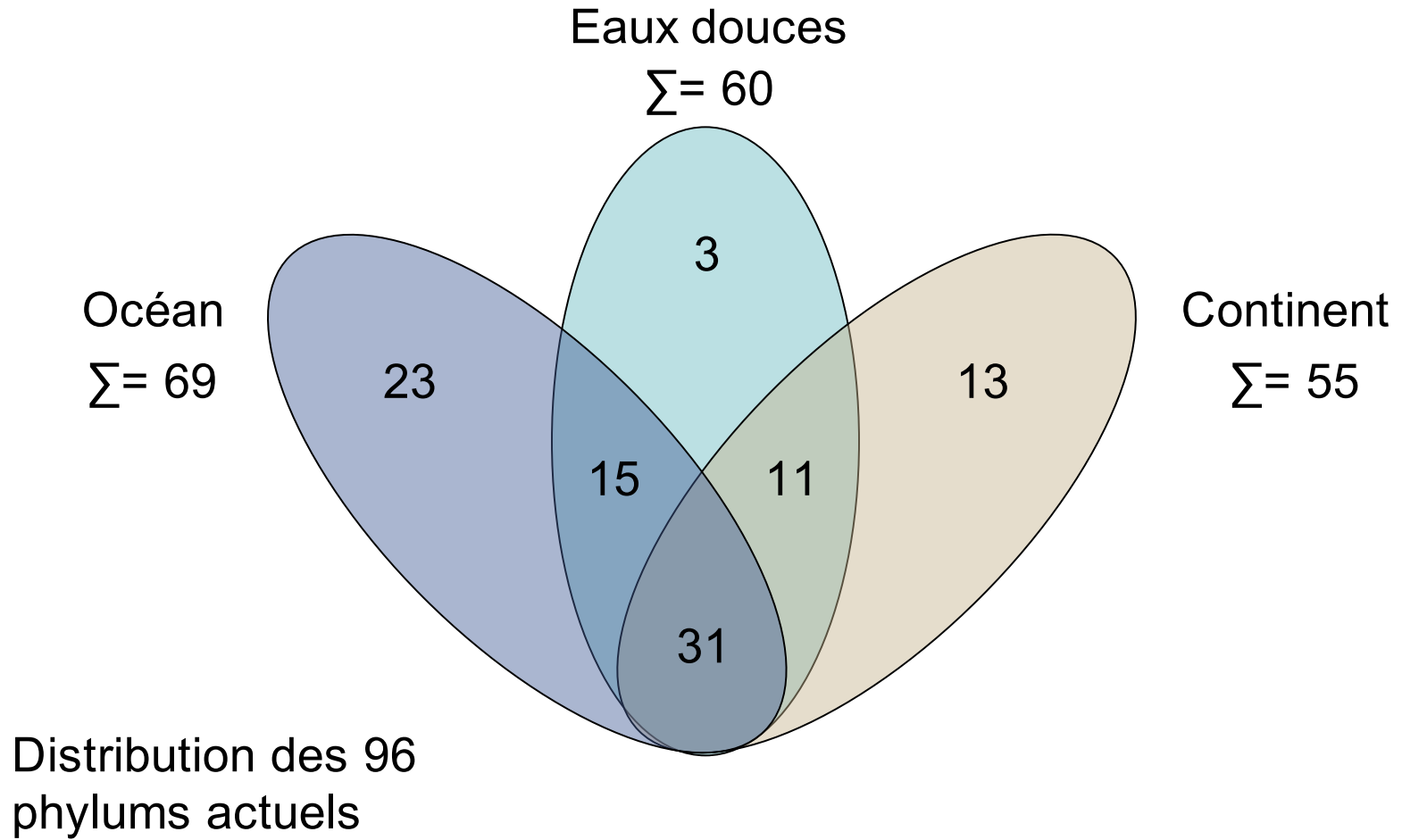
Biomes et biotas

Biomes et biotas



Un croisement original

Organisation macroécologique



Structuration phylétique

Biodiversité(s)

Les ingrédients d'une crise majeure

Multifacteurs: climat + usages + ampleur + vitesse

**En marche vers une autre
structuration de la biosphère ?**

Vers une autre structuration de la biosphère ! Oui mais ...

- Comment l'entrevoir ?
- Quelle vulnérabilité de la biosphère actuelle par rapport à celles qui ont subi les crises antérieures ?
- Les patrons actuels de structuration de la biosphère conduisent-ils à amortir ou à amplifier les impacts ?

Modélisation

Méthode des enveloppes climatiques (le hêtre)

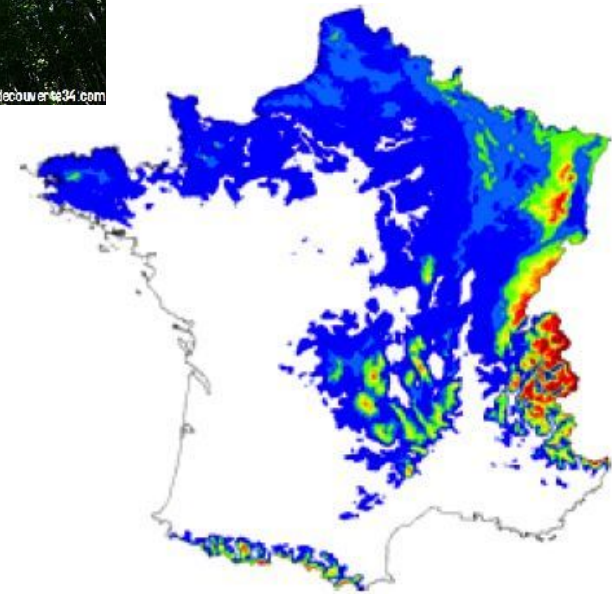


www.manicore.com/

Aire de répartition pour 2000.

 Très peu probable

 Presque certain



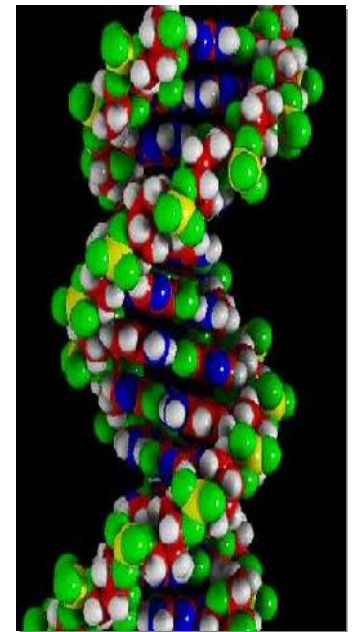
Aire de répartition simulée pour 2100
(scénario laissant les émissions de CO₂ au niveau actuel tout au long du 21^{ème} siècle).

Des outils pour prédire

Modélisation

Un effort à faire et à poursuivre, mais...

- On est loin du but
- Difficultés à tout prendre en compte (notamment “adaptabilité” et mobilité)
- La faute à la complexité inhérente à l'ADN
- Faut-il poser autrement les questions ?



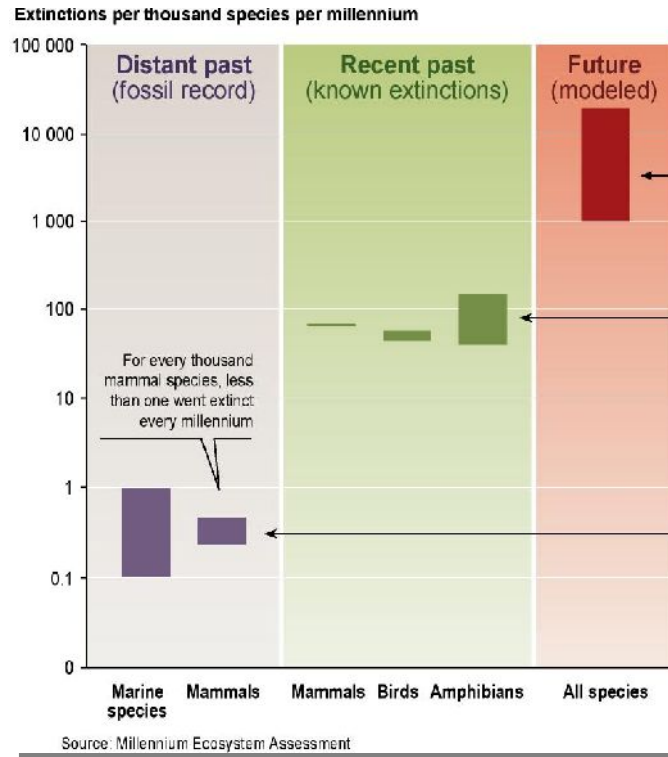
Paramètres du changement X contexte

- Changement climatique (très) rapide
- Emprise anthropique (usages) liée à la démographie

- Biomes x biotas
- Psychrosphère
- Distribution hétérogène (hotspots)
- Gradients de latitude
- Répartition des phylums

Avantage ou handicap / passé ?

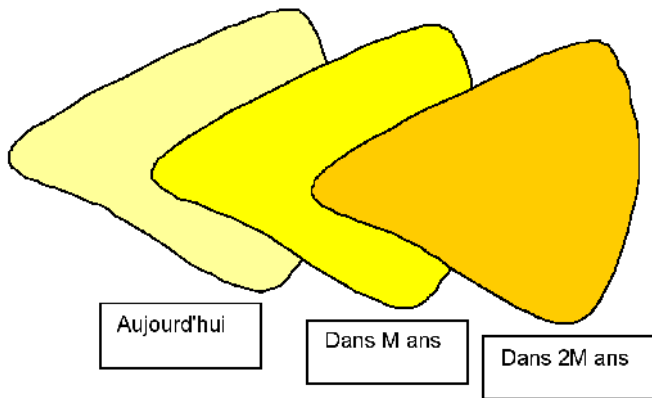
La question des vitesses



Le véritable handicap !

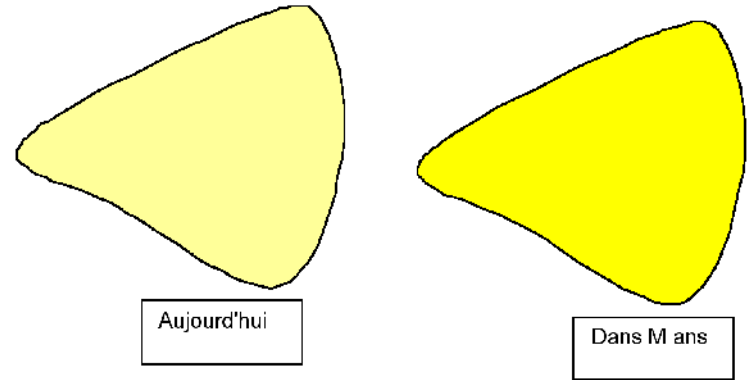
La question des vitesses

Migration des ceintures climatiques



Lente

Les plantes produisent des graines qui germent un peu plus loin avant que l'endroit où elles se situent ne cesse d'être favorable.
La population survit et se déplace.



Rapide

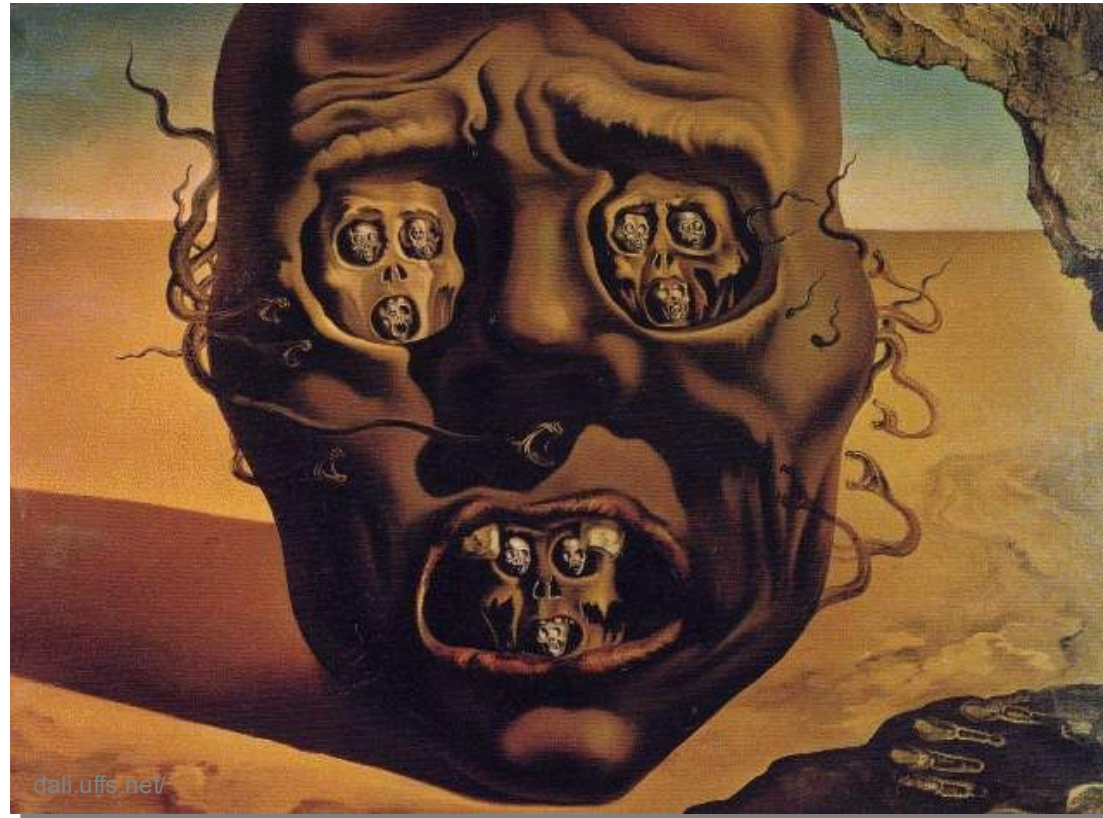
Avant que les plantes issues des graines d'aujourd'hui n'arrivent à maturité, la zone aura cessé d'être favorable: **la population s'éteint.**

Le véritable handicap ! Même pour les migrations

Une 6^{ème} crise innovante



Vitesses



Une espèce « responsable »

