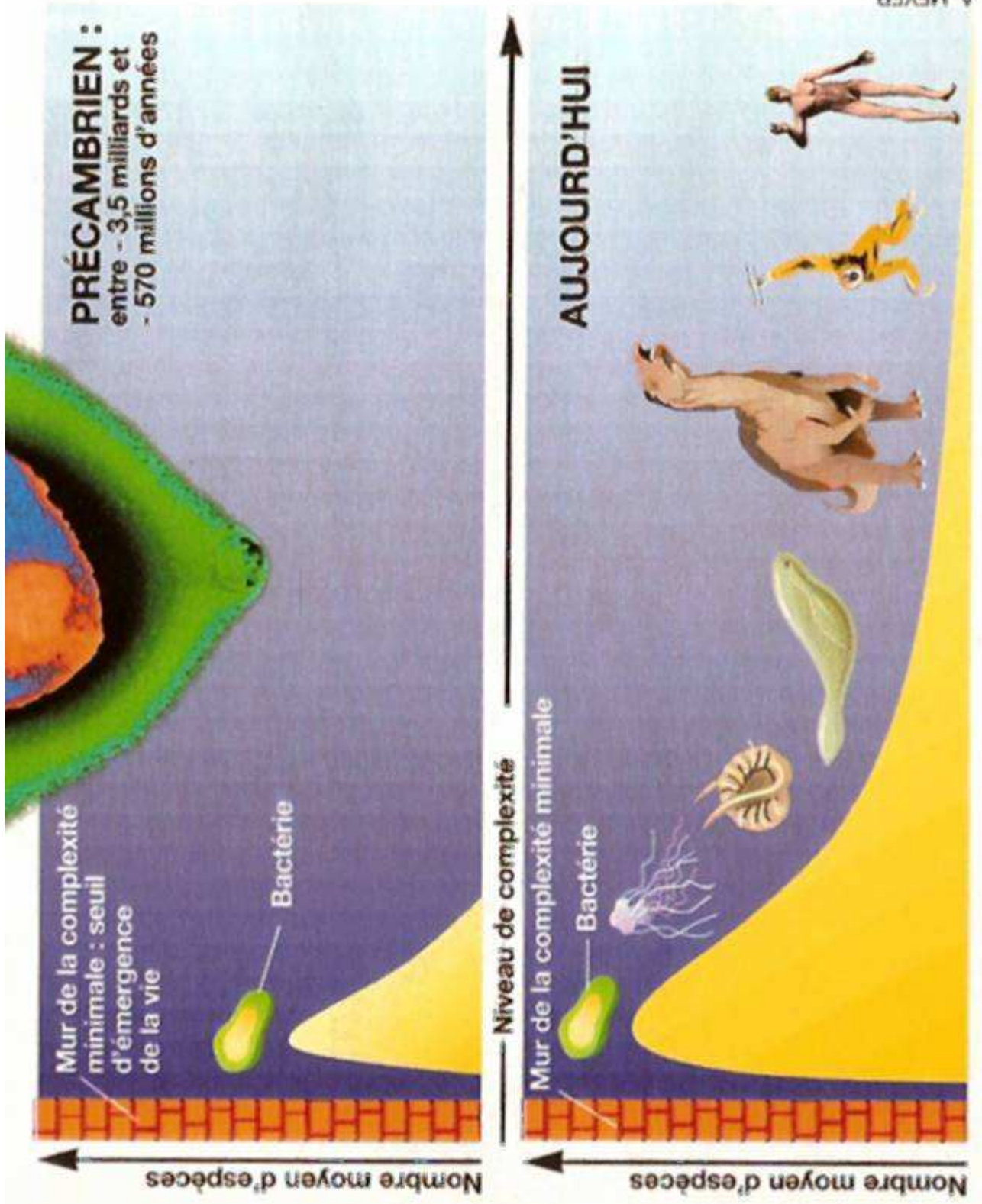




# **Complexidade e Princípio Antrópico**

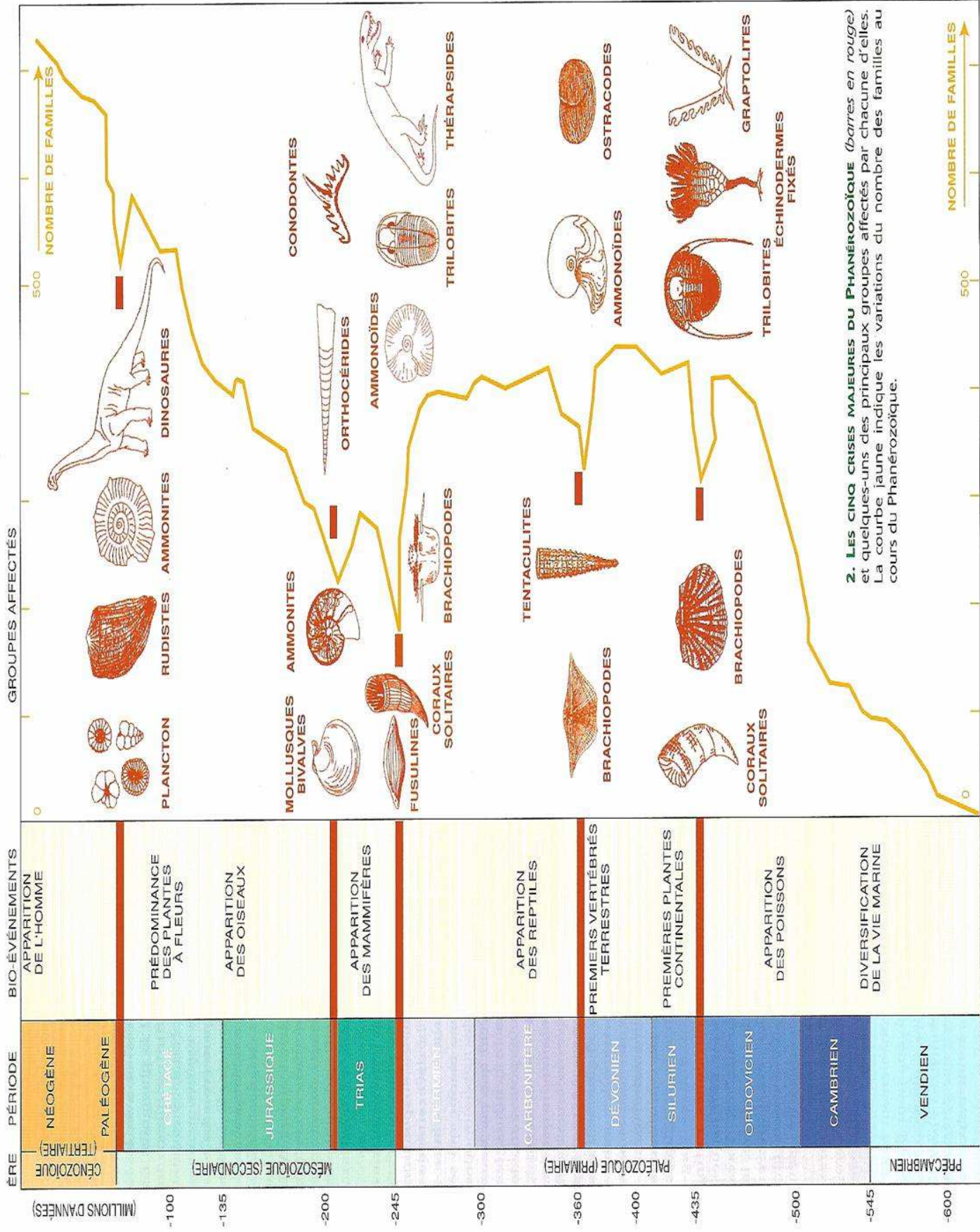
# Evolução da Complexidade na Terra



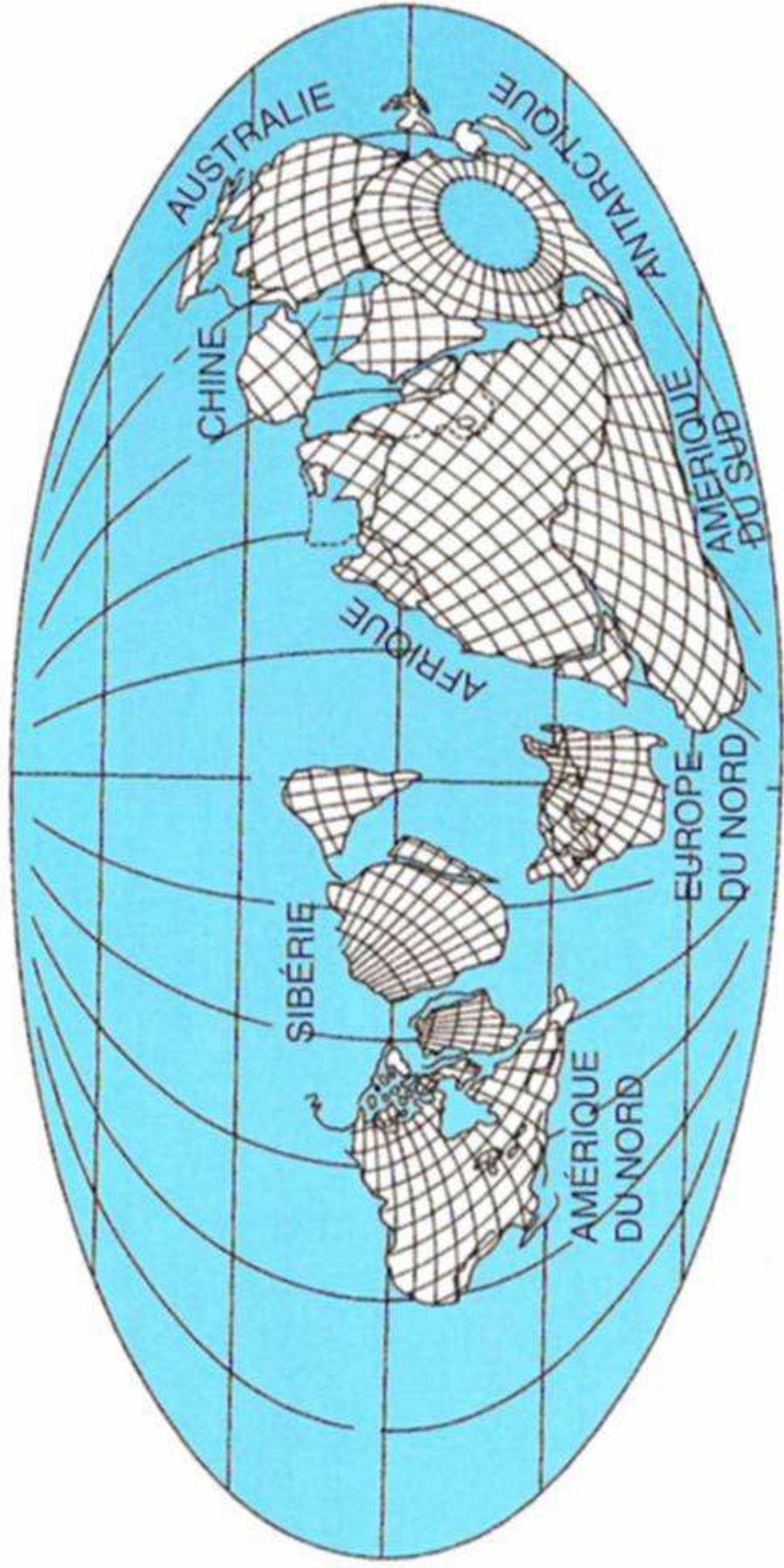


# Evolução da Complexidade e extinção/inovação da vida na Terra

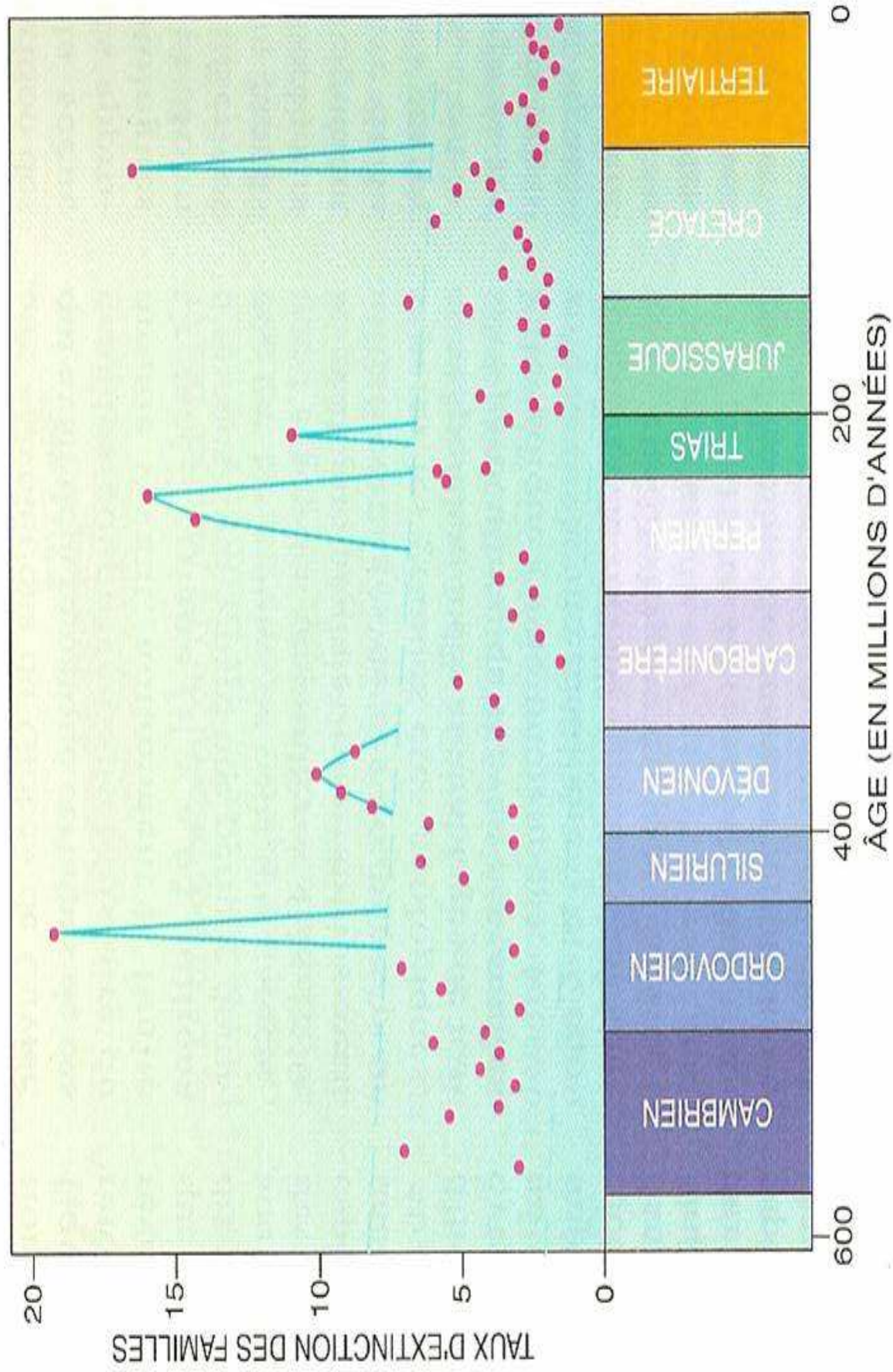




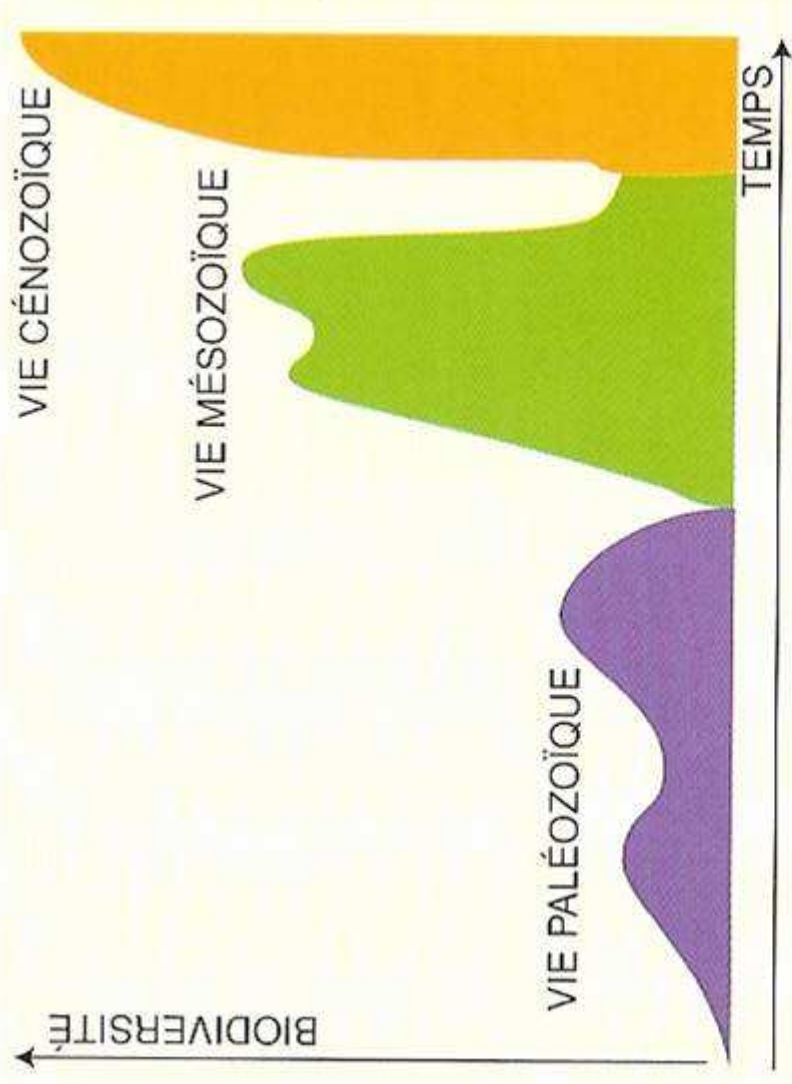
2. LES CINQ CRISES MAJEURES DU PHANÉROZOÏQUE (barres en rouge) et quelques-uns des principaux groupes affectés par chacune d'elles. La courbe jaune indique les variations du nombre des familles au cours du Phanérozoïque.



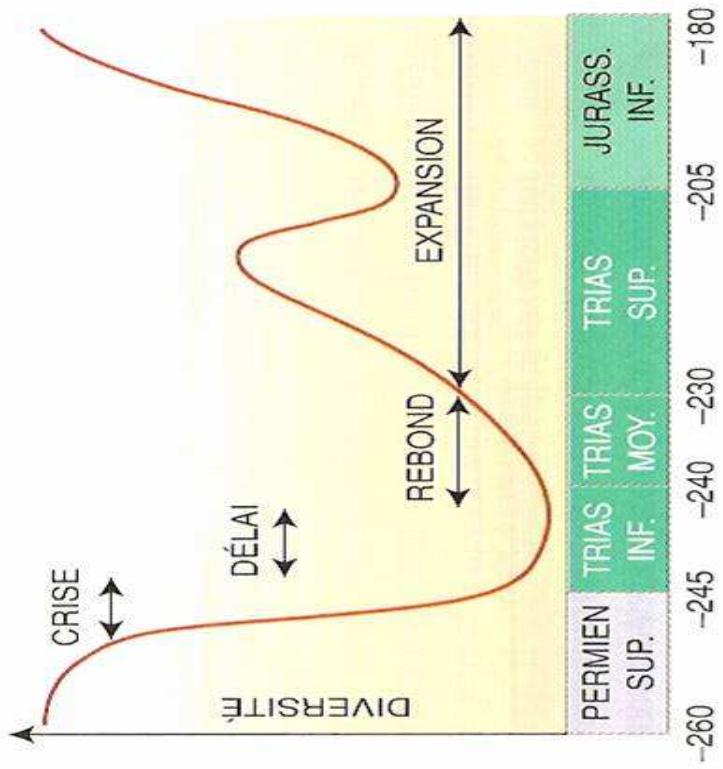
3. **ENTRE LE PRÉCAMBRIEN ET LE CAMBRIEN**, la géographie était favorable à l'apparition de nouvelles formes de vie. À la fin du Précambrien, la majeure partie des masses émergées formaient un seul supercontinent. Les dislocations du début du Cambrien créèrent de nombreuses côtes qui furent rapidement colonisées. La plupart des nouveaux continents se situaient près de l'équateur et offraient donc un climat chaud et stable, et leur éloignement progressif favorisa la différenciation géographique.



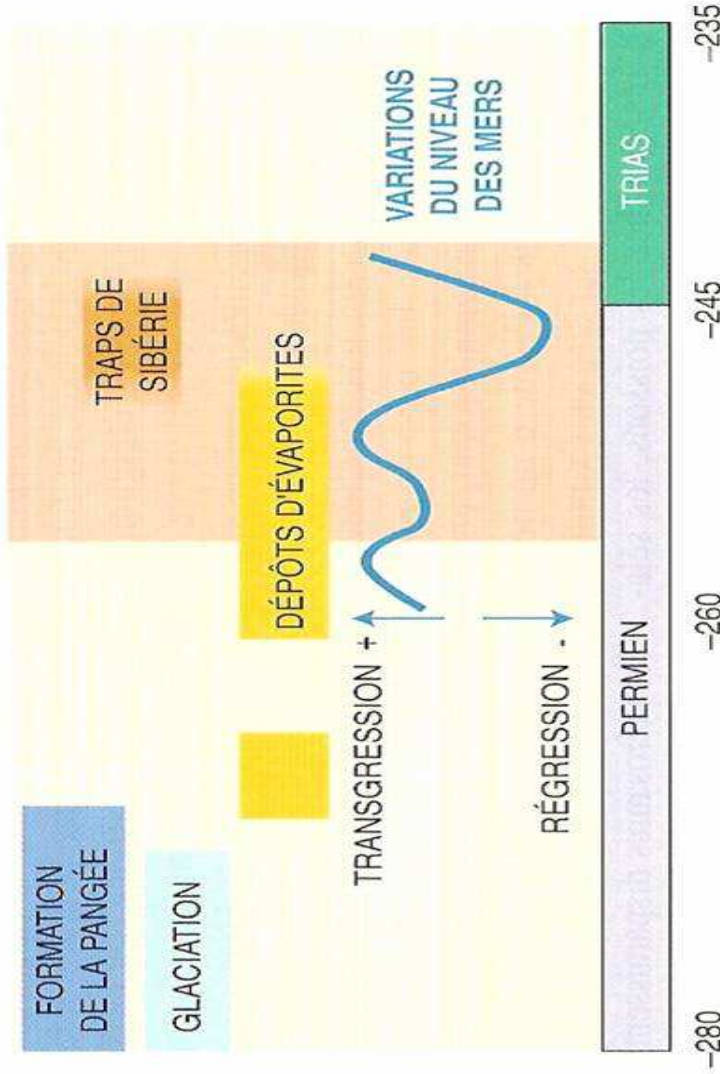
**7. TAUX D'EXTINCTION DES FAUNES MARINES AU PHANÉROZOÏQUE** (en familles par millions d'années). Outre les cinq crises majeures (les cinq pics), on note de multiples extinctions de moindre ampleur (points) constituant un «bruit de fond» d'extinctions (d'après Raup et Sepkoski, 1982).



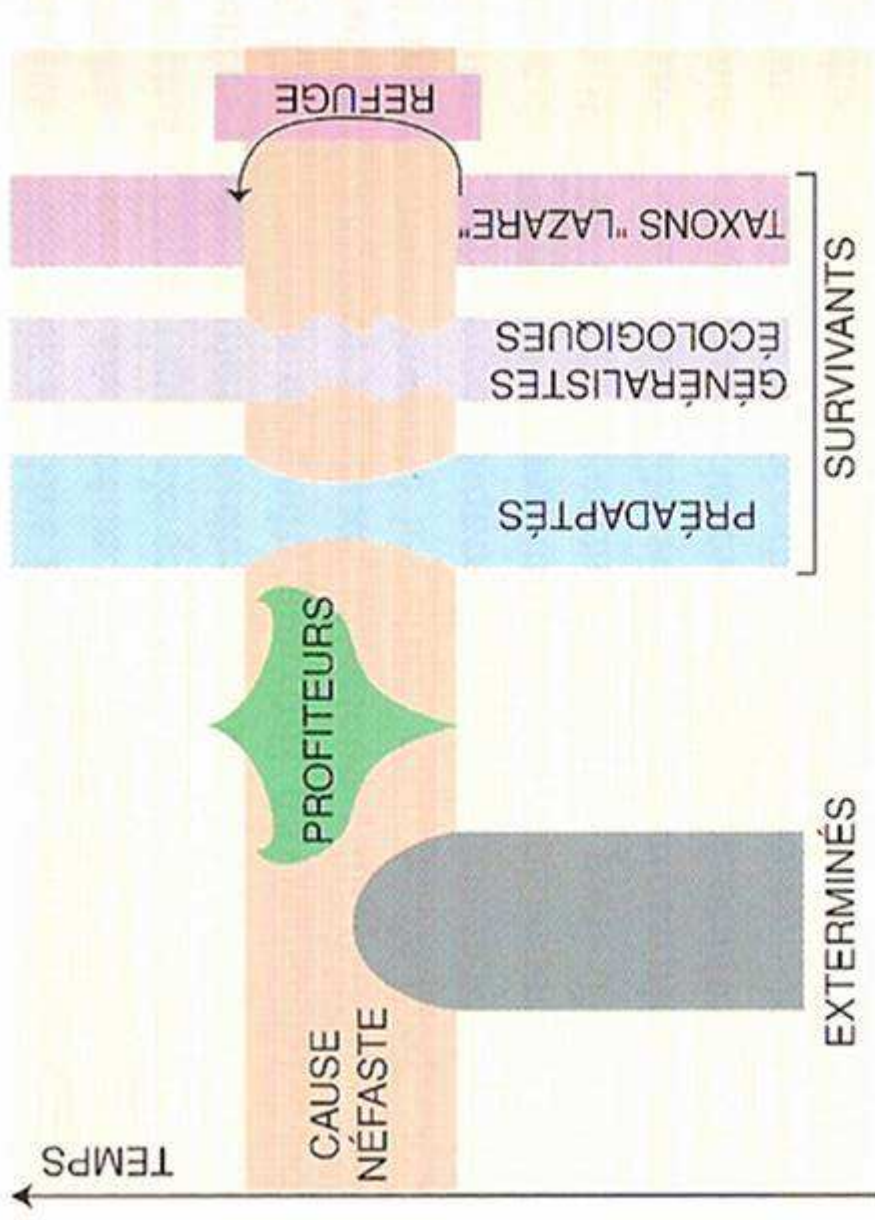
**1. LES GRANDES DIVISIONS DES TEMPS GÉOLOGIQUES** (ou ères) définies dès 1840 par J. Phillips (qui n'avait aucune idée de la durée de ces ères) sont fondées sur les modifications biologiques. Les grandes crises (permienne et crétacée) ainsi que d'autres reculs de la biosphère y apparaissent (*en creux*). Une augmentation globale de la biodiversité est aussi notable.



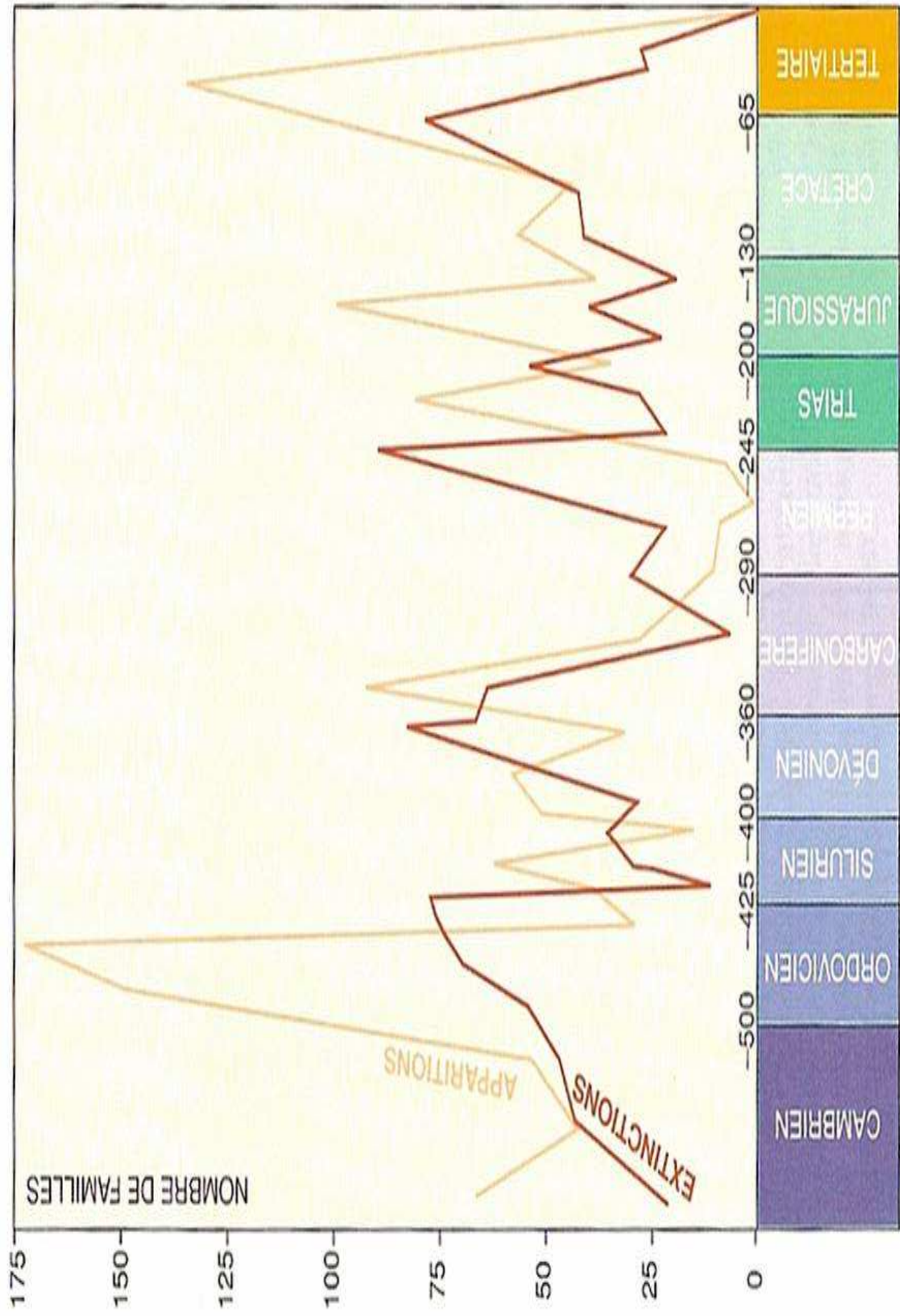
5. APRÈS LA CRISE DE LA FIN DU PERMIEN, la reconquête est longuement différée (délai au Trias inférieur) avant le rebond ; ce dernier est marqué notamment par la réapparition de «taxons Lazare». Au Trias supérieur, de nouvelles diversifications ont précédé une autre crise, suivie à la fin de cette période.



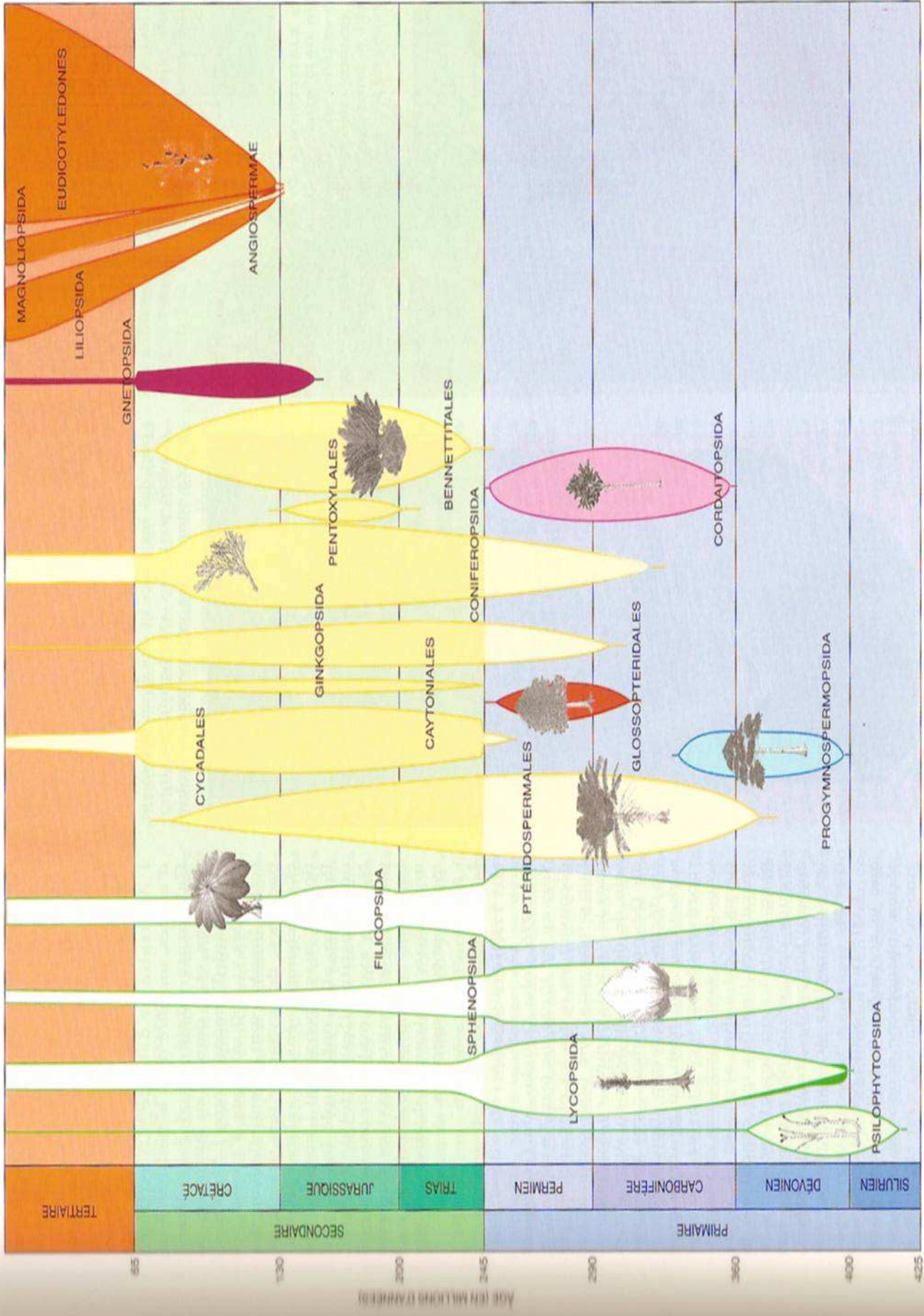
6. PLUSIEURS CHANGEMENTS DE L'ENVIRONNEMENT se sont conjugués au Permien pour provoquer la crise fini-permienne (en rose). À cause de la baisse du niveau des mers (courbe bleue), la diversité des habitats s'est réduite, la salinabilité a augmenté et la teneur du gaz carbonique de l'atmosphère s'est accrue, entre autres phénomènes. Le volcanisme responsable des traps de Sibérie a également libéré un excès de gaz carbonique.



**7. COMPORTEMENTS DES ORGANISMES** lors d'un événement géologique néfaste et au cours de la reconquête subséquente : les exterminés disparaissent ; les profiteurs ne prolifèrent que durant la période néfaste ; les préadaptés supportent la crise, ainsi que les généralistes écologiques (qui s'adaptent à des milieux divers) ; les taxons «Lazare» semblent disparaître, mais trouvent un refuge et réapparaissent après la crise (d'après Lethiers, 1998).



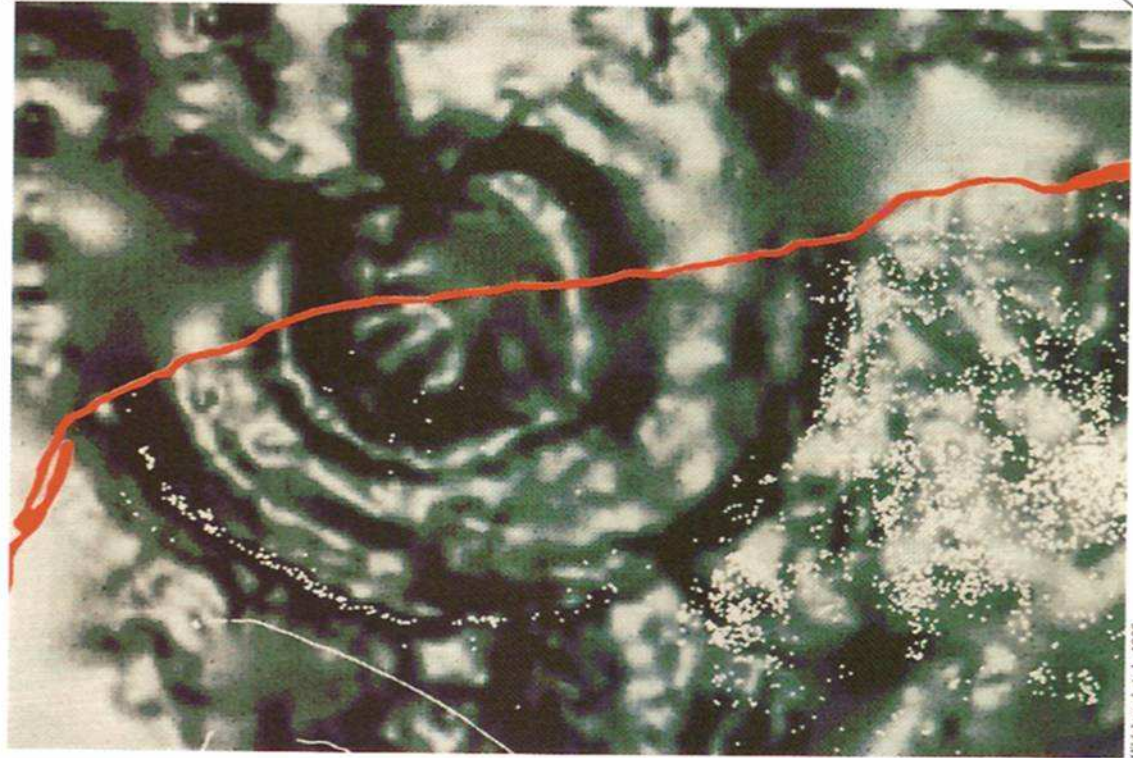
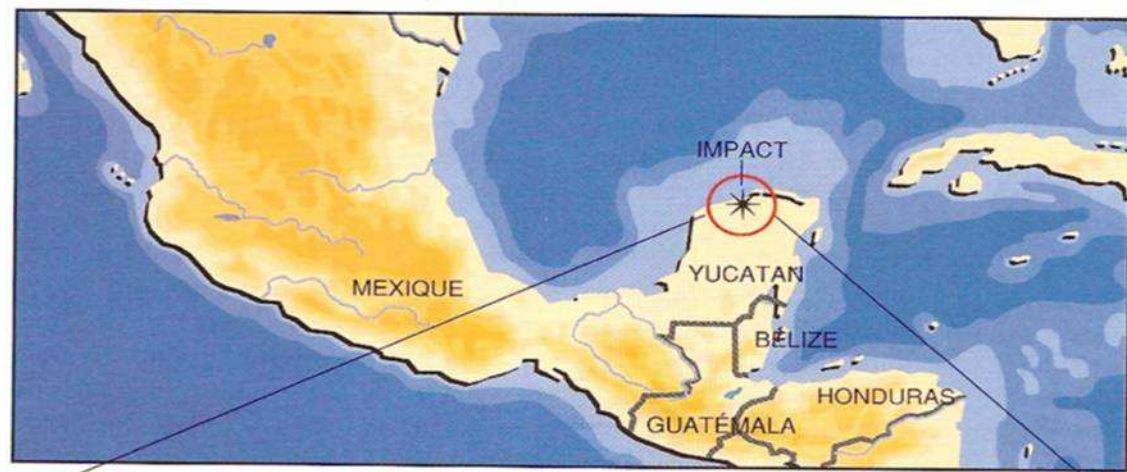
9. EXTINCTIONS ET RADIATIONS ADAPTATIVES. Après les pics de radiation initiaux du Cambrien et de l'Ordovicien inférieur, chacun des cinq pics majeurs d'extinction a été suivi d'un nouveau pic de diversification.



**2. ÉVOLUTION DES PRINCIPAUX GROUPES DE VÉGÉTAUX TERRESTRES.** La largeur de chaque lignée indique son importance relative, en nombre de taxons, au cours des temps géologiques et, pour certaines d'entre elles, jusqu'à aujourd'hui (*haut du tableau*). Les trois principales radiations de la flore continentale sont : ptéridophytes au Primaire (*en vert*), gymnospermes (conifères et préspermatophytes) du Trias au Crétacé inférieur (*en jaune*), angiospermes du Crétacé inférieur au Tertiaire (*en orange*). Les extinctions de certains groupes sont soit totales, surtout au Permien et au Crétacé supérieur, soit partielles et se traduisent par une diminution du nombre de taxons jusqu'à aujourd'hui.

# O meteorito de Chicxulub:

~-65 Milhões de anos



**9. LE CRATÈRE DE CHICXULUB**, au Nord de la péninsule du Yucatán, révélé par les anomalies gravitationnelles. La côte Nord du Yucatán, représentée par la ligne rouge, traverse diamétralement le cratère. Le cratère est caractérisé par deux anneaux concentriques. Les cenotes sont signalées par des points blancs. On note l'absence de cenotes (puits d'eau douce) à l'intérieur du cratère, ainsi que leur distribution parfaitement circulaire le long de l'anneau extérieur.

# A World Lost, a World Remade



**1000 YEARS BEFORE**  
**THE DAY BEFORE**

LATE CRETACEOUS swamps and rivers in North America had a mix of conifers, broad-leaved evergreen and deciduous trees. They formed canopied forests and upon windblasts with understories of ferns, aquatic plants and flowering shrubs.



**IMPACT**

THE **CHUXIN IMPACT** occurred in a shallow sea and immediately lofted rocky, molten and vaporous debris into the atmosphere. The bulk of the debris rained down on nearby continental regions, but much of it rose all the way into space.



**40 MINUTE:**

THE VAPOR-RICH PLUME of material expanded to envelop Earth. As material in the plume fell back to the ground, it streaked through the atmosphere like billions of meteors, heating it to some places by hundreds of degrees.



**ONE WEEK**

AFTER FIRES had ravaged the landscape, only a few dark ripples and skeletal remains, silted from the fire, and dust from the impact slowly settled to the ground. Sunlight was dramatically, if not totally, attenuated for months.



**ONE YEAR**

THE POSTIMPACT ENVIRONMENT was less diverse. Ferns and algae were the first to recover. Plant species in swamps and swamp margins generally survived better than species in other types of ecosystems. Conifers fared particularly badly.



**50 YEARS**

SWAMPY TRUGS, AN ADVANTAGE of the short and lumber-able age and began to cover it. Species pollinated by the wind did better than those that relied on insects. Trees began to grow, but it took years for forest canopies to rebuild. The recovery time is uncertain.

O meteorito de Chicxulub projetou na atmosfera uma enorme quantidade de sua matéria e do solo impactado; esse material ficou orbitando a Terra, obscureceu o Sol durante muitos meses/anos, reduzindo a fotossíntese e matando as plantas, depois os herbívoros e seus predadores.

Energia: 100 Mi megatons p/ 10 km de diâmetro

Irídio, magnetita niquelada e quartzos chocados

Cratera com cenotes



a) Em 4 Mi de anos, o cérebro passa de 0,5 a 1,4 kg.

b) Sendo UM DIA = tempo de vida de nosso planeta (4,5 Ganos), a Terra formando-se a Zero hora, então:

04:00 ☐ algas + bactérias nos mares

18:00 ☐ moluscos e crustáceos

23:00 ☐ dinossauros aparecem

23:43 ☐ dinossauros desaparecem

23:40 ☐ mamíferos aparecem e se X

23:50 ☐ primatas surgem

23:58 – 24:00 ☐ cérebro deles triplica de volume

## Algumas considerações sobre a Complexidade

□ Estrutura da natureza: LINGUAGEM

□ Hierarquia da *linguagem* escrita:

Letras

Palavras

Frases

Parágrafos

Capítulos

Livros

Bibliotecas

Ex: 26 letras, 4L/palavra □

□ 400.000 combinações;

se 7L/palavra □

□ + de 10 bilhões

Palavras: apenas um *pequeno número* é  
utilizado pela "*Natureza*"

Ex.: as letras *A, D, I, V*

*mudando a ordem, VIDA*

(cada uma das letras sozinha não contém a *informação*: há  
que combiná-las)

As várias outras *combinações* são  
não-significativas: *DAIV, AVDI, etc...*

APENAS NUM PEQUENO N.º DELAS SE TEM  
UMA PROPRIEDADE EMERGENTE

*Letras/Palavras/Frases/Parágrafos/Capítulos/  
Livros/Bibliotecas ...*

*formam uma pirâmide de "alfabetos" hierárquicos.*

*A NATUREZA OPERA DA MESMA MANEIRA !*

*Ex 1.: em Química (linguagem *universal*):*

*a água é uma palavra composta de 2 letras: **H** e **O***

*¶ Ela é um ótimo solvente, apesar de o **H** e **O** sozinhos não o serem.*

*Existe uma **IMENSA** variedade de compostos  
feitos a partir de um **pequeno número** de  
átomos*

Ex. 2: em Biologia

Domínio das *moléculas gigantes*: milhões de átomos

↓  
*palavras gigantes*

*Código Genético*: quatro letras *A, C, G, T*

cada nucleotídeo é formado por  
15 átomos

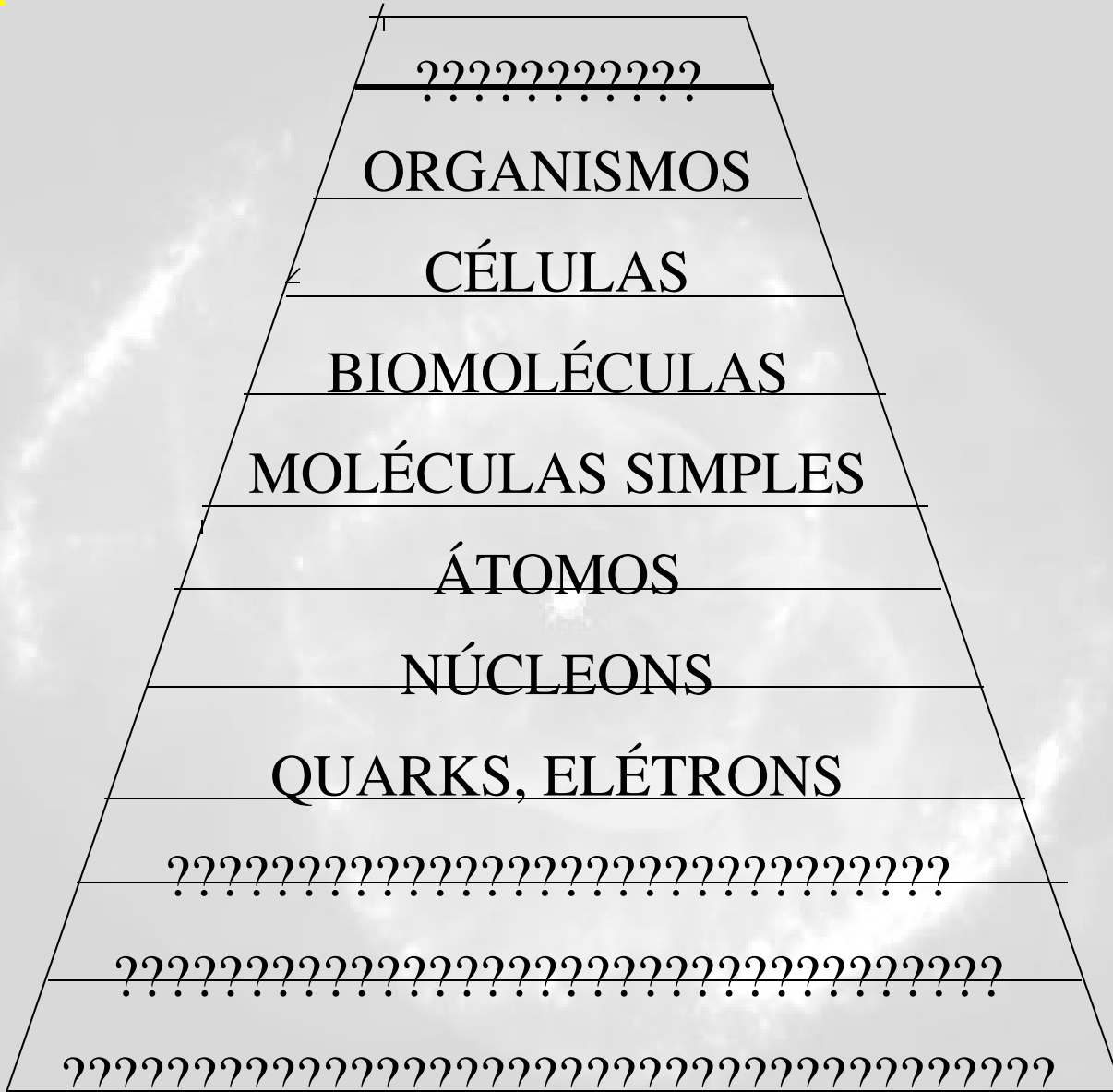
Ordem das letras  $\neq$  *GENES* (milhares deles)

Sequência de genes: *CROMOSSOMOS* (46 no ser humano)  
~10<sup>9</sup> letras !

# Pirâmide da Complexidade

T  
d  
e  
c  
r  
e  
s  
c  
e  
n  
t  
e

r  
a  
r  
i  
d  
a  
d  
e  
  
f  
r  
a  
g  
i  
l  
i  
d  
a  
d  
e



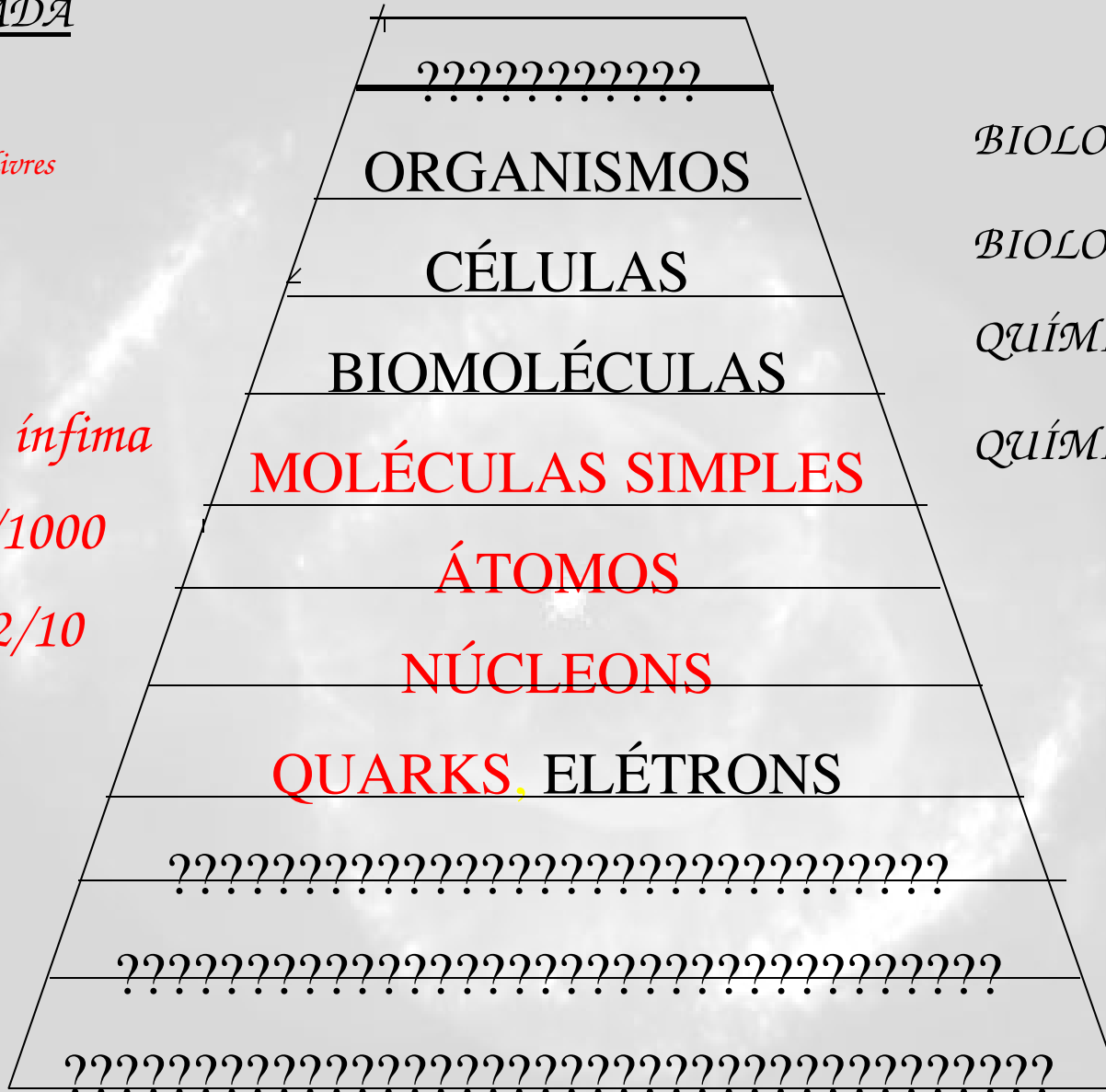
e  
s  
c  
o  
a  
m  
e  
n  
t  
o  
  
d  
o  
  
t  
e  
m  
p  
o

# Pirâmide da Complexidade

FRACÃO USADA

$$M_{orgs} \ll M_{c\acute{e}ls. livres}$$

*ínfima*  
100/1000  
2/10  
3/6



BIOLOGIA  
BIOLOGIA  
QUÍMICA  
QUÍMICA  
F  
Í  
S  
I  
C  
A

*ISTO É,*

1) Há uma intensa *RAREFAÇÃO* do número de *elementos* ao longo da subida;

2) Há um intenso *AUMENTO* do número de *espécies* ao longo da subida.

▣ *Nº impressionante dos seres vivos:*

*Nº de combinações possíveis *A, C, G, T* nos cromossomos:*

*10<sup>600</sup> milhões*

*(compare-se com o nº de seres humanos ou espécies animais ou vegetais...)*

*Princípio da Complexidade (CP):*

*“Desde os tempos mais remotos acessíveis a nossa exploração,  
o Universo possui as propriedades necessárias para fazer com  
que a matéria galgue os patamares da Complexidade”*



... o "Princípio Antrópico"...

[grego *anthrôpikos* = "humano", "do homem"]

cf. Barrow & Tipler, "The Anthropic Cosmological principle"  
, Oxford, 1986

☐ Coincidências de relações entre certas "constantes" físicas ?  $G$ ,  $c$ ,  $h$ ,  
 $e$ ,  $m$  ...

Ex.,  $\mathcal{F}_{\text{nuclear forte}} \sim 100 \mathcal{F}_{\text{eletromagnética}}$

$\mathcal{F}_{\text{eletromagnética}} \sim 10^{40} \mathcal{F}_{\text{gravidade}}$

$N_{\text{Núcleons}} \text{ no Universo} \sim 10^{80}$

*A EXTREMA COINCIDÊNCIA FELIZ DO  
CARBONO (o "milagre do Carbono"):*



*"FELIZ COINCIDÊNCIA" para a vida orgânica:*

*Massa (3  $^3\text{He}$ )  $\cong$  Massa  $^{12}\text{C}$  !!!*

*[7.284 MeV  $\cong$  7.656 MeV]*

Weak AP (WAP):

*"The observed values of all physical and cosmological quantities are not equally probable but they take on values restricted by the requirement that there exist sites where carbon-based life can evolve and by the requirement that the Universe be old enough for it to have already done so"*

Strong AP (SAP):

*"The Universe must have those properties which allow life to develop within it at some stage in its history"*

Final AP (FAP):

*(generalization of the SAP)*

*"Intelligent information-processing must come into existence in the Universe, and, once it comes into existence, it will never die out"*