

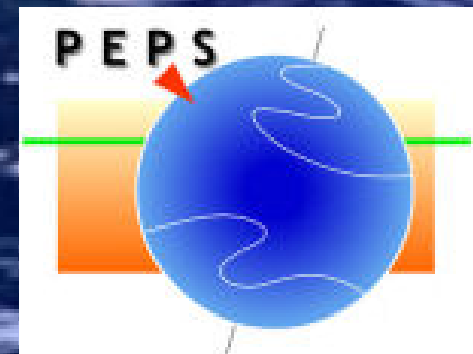
Climat, Environnement et Evolution de la Biodiversité au cours des temps géologiques

Gilles Escarguel

Lab. « Paléoenvironnements & Paléobiosphère »

UMR-CNRS 5125, Université Lyon 1

Gilles.escarguel@univ-lyon1.fr



Quel(s) problème(s), quelle(s) question(s) ?

- En permanence, des espèces apparaissent et disparaissent : la durée de vie moyenne d'une espèce est de l'ordre de 1 à 10 M.a.
- Très peu d'espèces présentent une aire de distribution *globale*
- ➔ Au cours des temps géologiques, des (100^{aines} de) millions d'espèces sont apparues, ont vécu, puis ont disparu
- ➔ la biodiversité n'est pas uniformément distribuée sur Terre

- **Comment les êtres vivants se distribuent-ils dans le temps et dans l'espace ?**
- **Quels sont les paramètres et mécanismes de contrôle de ces distributions ?**

Quel(s) problème(s), quelle(s) question(s) ?

- *A un endroit donné* (localité, région, continent, *global*), comment la biodiversité évolue-t'elle au cours du temps ?
- *A un moment donné*, comment la biodiversité se distribue-t'elle géographiquement ?

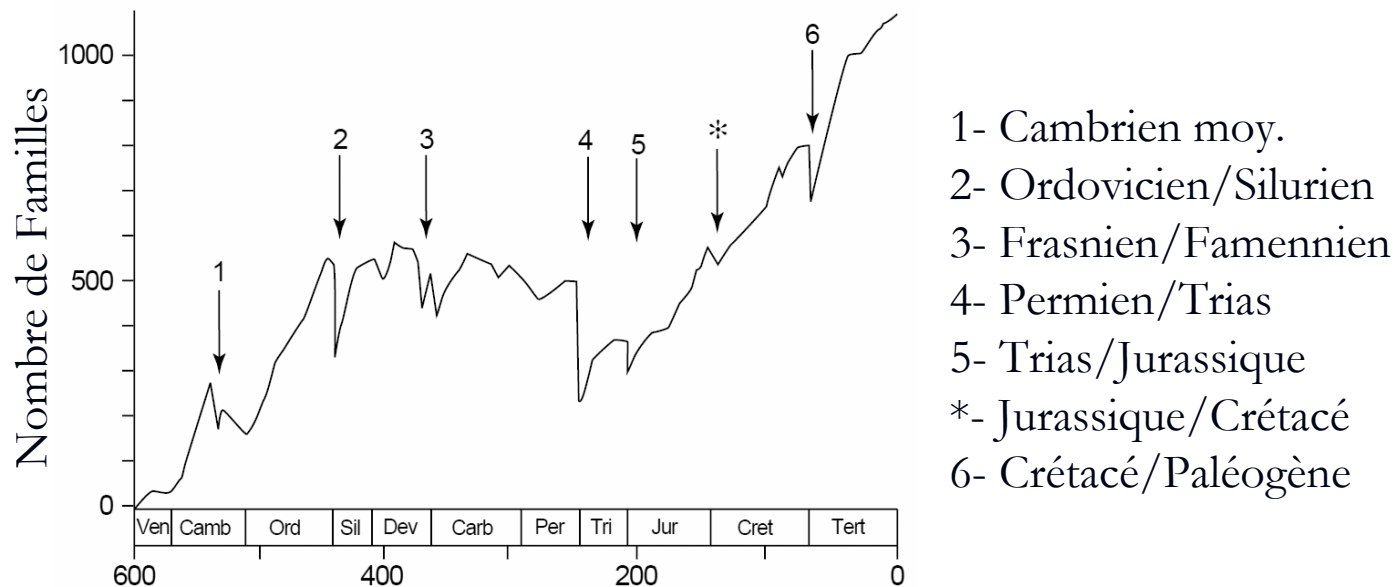
Dans tous les cas, quel(s) facteur(s) détermine(nt) ces variations spatiales et temporelles ?

Trois exemples à différents niveaux d'intégration taxinomique, géographique et temporelle :

- 1.- Evolution de la biodiversité *globale* au cours du Phanérozoïque
- 2.- Evolution de la biodiversité régionale au cours du temps
- 3.- Diversification d'un clade au cours du temps : l'exemple des rongeurs

1.- Evolution de la Biodiversité globale au cours du temps...

Diversité marine familiale durant le Phanérozoïque (Erwin *et al.*, 1987)



Comment obtenir, analyser et interpréter de telles courbes ?

Avant toute chose...

1.- Evolution de la Biodiversité globale au cours du temps...

Qu'est-ce que la biodiversité ?!...

Un inventaire d'espèces (p.ex., communautés de reproduction) coexistant à un endroit (\pm vaste) et un moment (\pm long) donnés

- **Diversité taxinomique** : nombre et abondance relative des taxons (spécifique, générique, familiale...)
- **Diversité génétique** : nombre, abondance relative et variabilité des génomes
- **Diversité phylogénétique** : nombre et abondance relative de groupes évolutifs (clades) distincts
- **Diversité phénétique (disparité)** : nombre et abondance relative de types morphologiques distincts
- **Diversité fonctionnelle** : nombre, intensité et complexité des interactions entre populations

1.- Evolution de la Biodiversité globale au cours du temps...

La biodiversité, ça se mesure !

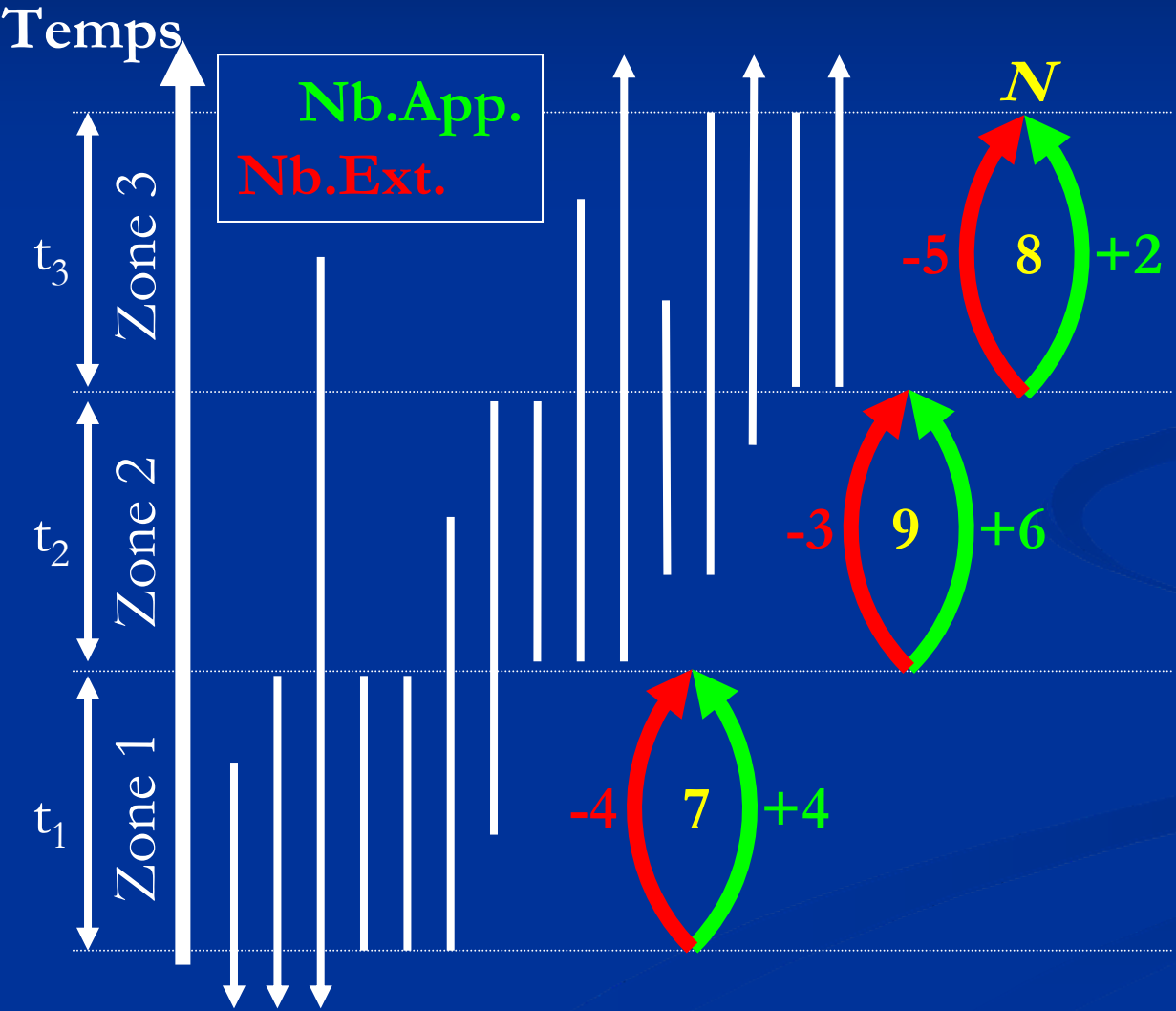
...Car mesurer, c'est d'abord décrire, pour pouvoir ensuite comparer

- **Diversité taxinomique** : richesse et équitabilité (= distribution des abondances relatives) des taxons
- **Diversité génétique** : nb. d'allèles par locus, nb. d'individus polymorphiques, % de loci polymorphique par génome...
- **Diversité phylogénétique** : D.T. intégrant le degré de parenté entre les différents taxons (longueurs de branches)
- **Diversité phénétique (disparité)** : degré de dispersion des taxons au sein d'espaces biométrique multi-dimensionnels
- **Diversité fonctionnelle** : richesse et équitabilité des groupes fonctionnels

1.- Evolution de la Biodiversité globale au cours du temps...

Biodiversité & Temps : mesure de taux d'évolution

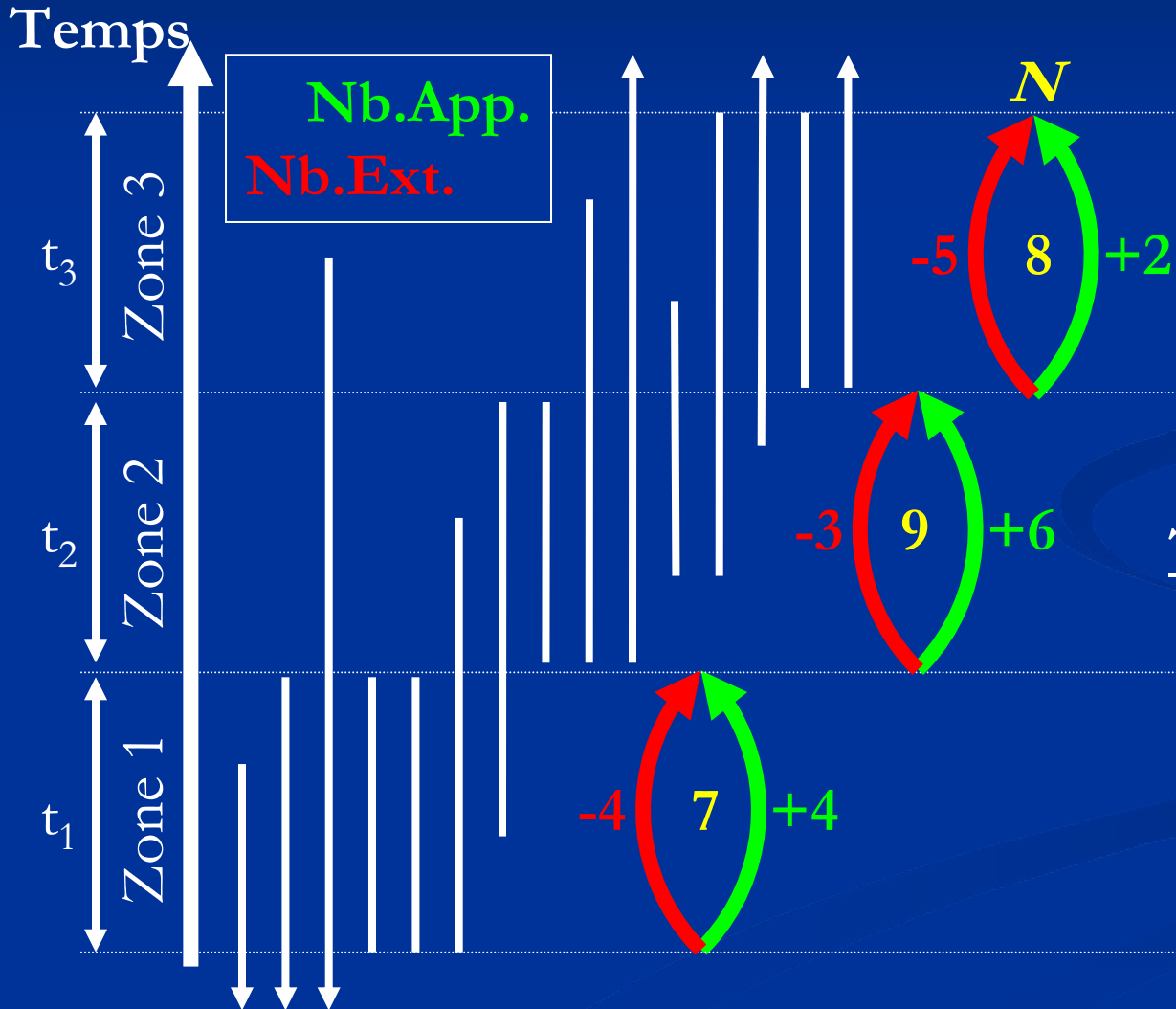
Taux : quantité proportionnelle de changement par unité de temps



1.- Evolution de la Biodiversité globale au cours du temps...

Biodiversité & Temps : mesure de taux d'évolution

Taux : quantité proportionnelle de changement par unité de temps



Taux d'apparition :

$$R_A = \frac{\text{Nb.App.}}{N \times t}$$

Taux d'extinction :

$$R_E = \frac{\text{Nb.Ext.}}{N \times t}$$

Taux de renouvellement :

$$R_R = R_A + R_E$$

Diversification nette :

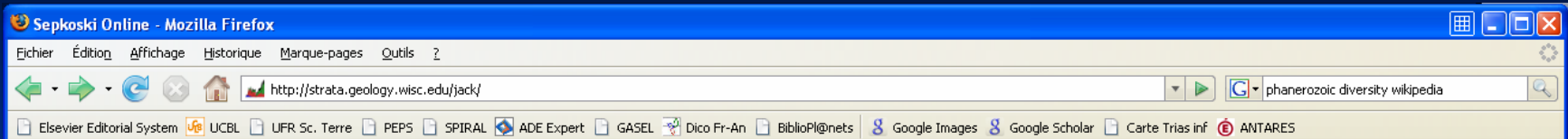
$$\Delta R = R_A - R_E$$

Volatilité :

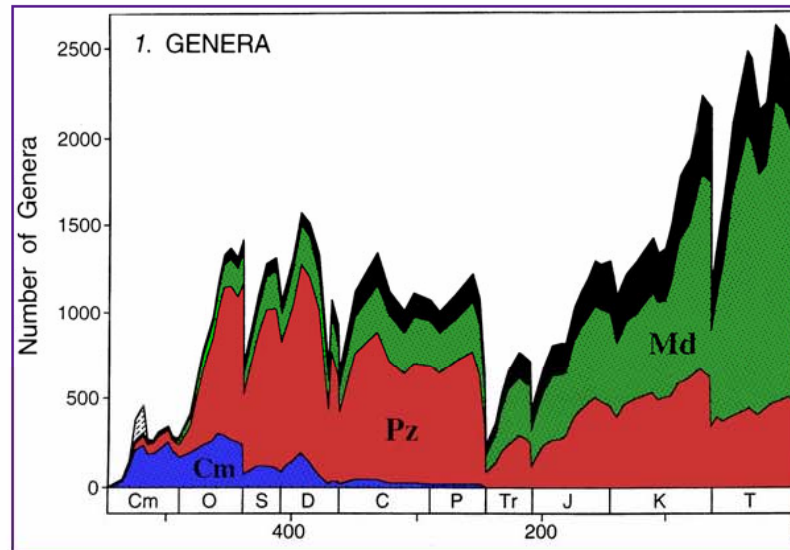
$$V = |R_A - R_E|$$

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>



Welcome to Sepkoski's Online Genus Database!



This database is a direct port of Sepkoski (2002). It was constructed by [Shanan Peters](#) and is currently maintained and hosted by him at the [University of Wisconsin-Madison](#). For more information about the database, including important details about how Sepkoski's original entries were handled, [please click here](#).

The purpose of this database is to allow users to easily search and summarize Sepkoski's global genus compendium on the basis of Evolutionary Fauna, Phylum, or Class. You can recover customized lists of genera and their stratigraphic ranges (according to Sepkoski) as well as summaries of genus richness and taxonomic rates of evolution. As time permits, I will be adding additional features to this database, including the ability to search for a genus name and to obtain lists of taxa by stratigraphic interval. If you have a specific feature request, please feel free to [contact me](#) and I'll see what I can do.

You are welcome to use these data with *proper citation of Sepkoski's work*. It would also be appropriate to acknowledge this online database.

[Begin your search!](#)



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

1. Choisir un/des groupes (faune entière, phylums ou classes)

The screenshot shows the 'Sepkoski Online' web application. The 'Choose Fauna' section has a dropdown menu set to 'All Genera'. Below it, the 'OR Choose Phyla' section displays a grid of 20 checkboxes, each followed by a taxonomic group name and the number of genera in parentheses. The groups include ACTINOPODA (711), ANNELIDA (253), ARTHROPODA (5816), BRACHIOPODA (4383), BRYOZOA (1540), CHAETOGNATHA (11), CHORDATA (2996), CILIOPHORA (31), CNIDARIA (2437), CTENOPHORA (3), ECHINODERMATA (2680), ECHIURIDA (1), ENTOPROCTA (1), HEMICHORDATA (288), HYALOLITHA (165), LOBOPODA (11), MOLLUSCA (10974), NEMATODA (1), NEMERTINA (2), PENTASTOMIDA (3), POGONOPHORA (2), PORIFERA (1580), PRIAPULIDA (9), PROBLEMATICA (322), RHIZOPODEA (2138), and TRILOBOZOA (14). A note at the bottom states 'numbers in parentheses are total genera in database'.

2. Soumettre le choix

The screenshot shows the 'Results for all genera' page. It displays a table with columns: stage, Date, X-FL, X-FL, X-FL, X-FL, X-br, Total D, q Lmy, and p Lmy. The table lists data for various geological stages from R to Indu. A red arrow points to the 'Submit' button. Below the table, there are checkboxes for 'Check for substage resolution' and 'Check for per-stage rates'. A note at the bottom states 'numbers in parentheses are total genera in database'.

stage	Date	X-FL	X-FL	X-FL	X-FL	X-br	Total D	q Lmy	p Lmy
R	0.0	0	4924	0	0	4924			
Ples	1.8	28	63	240	4684	5015	0.007422	0.027760	
Mi	23.0	737	490	1456	3082	5765	0.008336	0.021859	
Ci	33.9	241	231	700	2872	4044	0.007097	0.020011	
Eo	55.8	998	372	1623	1480	4473	0.010239	0.033805	
Pale	65.5	231	217	753	1099	2300	0.018577	0.053801	
Mesa	70.6	295	854	225	1091	2465	0.113366	0.036765	
Camp	83.5	187	228	449	1496	2360	0.010996	0.020346	
Sant	85.8	87	90	193	1531	1901	0.024836	0.051620	
Cone	89.3	52	37	144	1477	1710	0.007069	0.026580	
Turo	93.5	88	100	202	1312	1702	0.017489	0.034096	
Ceno	99.6	295	216	352	1060	1923	0.030403	0.047006	
Albi	112.0	219	141	295	981	1636	0.010830	0.021203	
Aph	125.0	104	151	221	901	1377	0.011919	0.016874	
Barr	130.0	69	73	130	922	1194	0.015240	0.026381	
Haut	136.4	43	58	101	894	1096	0.009822	0.016725	
Vala	140.2	58	72	136	816	1082	0.022252	0.040566	
Barr	145.5	33	33	64	824	974	0.011762	0.014113	
Tith	150.8	207	206	113	764	1290	0.045043	0.026026	
Kimm	155.7	104	119	105	865	1193	0.026305	0.023381	
Oxfo	161.2	157	105	184	800	1246	0.022422	0.037639	
Call	164.7	139	123	134	771	1167	0.042291	0.045785	
Bath	167.7	133	78	163	731	1105	0.033795	0.067097	
Bajo	171.6	159	91	198	611	1059	0.035599	0.071795	
Aale	175.6	32	25	103	599	759	0.010222	0.039668	
Toar	183.0	110	86	106	518	820	0.020757	0.025159	
Fla	189.6	124	91	131	473	819	0.026660	0.037042	
Sise	196.5	94	27	141	423	685	0.008967	0.041693	
Hett	199.6	35	11	92	358	496	0.009762	0.073779	
Non	216.5	356	279	91	278	1004	0.041121	0.016756	
Carn	228.0	215	141	158	399	913	0.026314	0.029009	
Ladi	232.0	161	59	187	353	760	0.017173	0.047233	
Anis	245.0	147	32	179	233	591	0.016086	0.071248	
Olen	249.7	130	11	77	188	406	0.012098	0.073040	
Indu	251.0	30	27	19	180	256	0.017509	0.077191	

3. Copier-coller les tableaux de résultats dans un tableur (ne pas oublier le remplacement automatique des « . » en « , »)

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

Microsoft Excel - Book1

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help Adobe PDF Type a question for help

Draw AutoShapes

J1

Results for following classes:
 BIVALVIA CEPHALOPODA GASTROPODA
 9771 genera resolved to stage
 745 unresolved to stage

stage	Date	X-FL	X-bl	X-Ft	X-bt	Total D	q Lmy	p Lmy
R	0	0	0	0	0	2350	Inf	0
Plei	1,8	4	21	4	6	2375	0,005193	0,027626
Plio	5,3	66	179	296	61	2502	0,024958	0,040166
Mi	23	222	227	780	360	2589	0,008721	0,025611
Oi	33,9	81	97	364	1223	1765	0,007002	0,023903
Eo	55,8	381	147	718	602	1848	0,009976	0,035851
Pale	65,5	83	42	416	333	874	0,012246	0,083567
Maes	70,6	103	395	84	291	873	0,168148	0,049726
Camp	83,5	65	59	193	493	810	0,008763	0,02561
Sant	85,8	26	31	56	496	609	0,026359	0,04651
Coni	89,3	35	21	61	466	583	0,012594	0,035147
Turo	93,5	56	36	77	410	579	0,020039	0,040978
Ceno	99,6	100	70	98	348	616	0,030046	0,040675
Albi	112	129	63	113	305	610	0,015143	0,025417
Apti	125	58	56	99	269	482	0,014547	0,024106
Barr	130	42	31	51	274	398	0,021437	0,034139
Haut	136,4	22	18	48	257	345	0,010577	0,026756
Vala	140,2	40	26	36	239	341	0,027175	0,036923
Berr	145,5	18	22	13	252	305	0,015792	0,009491
Tith	150,8	97	83	49	225	454	0,059245	0,037175
Kimmm	155,7	63	36	45	263	407	0,026182	0,032234
Oxfo	161,2	86	31	51	248	416	0,021415	0,034003
Call	164,7	88	50	26	253	417	0,051527	0,027949
Bath	167,7	64	27	65	238	394	0,03582	0,080487
Bajo	171,6	94	47	59	206	406	0,052696	0,064578
Aale	175,6	23	14	41	212	290	0,015987	0,044201
Toar	183	74	25	44	182	325	0,017394	0,029261
Plie	189,6	65	29	41	166	301	0,024396	0,033444
Sine	196,5	69	7	40	155	271	0,006402	0,033272
Hett	199,6	21	3	41	121	186	0,0079	0,094131
Nori	216,5	144	126	23	101	394	0,047919	0,01214

Stage : Etage de l'échelle géologique

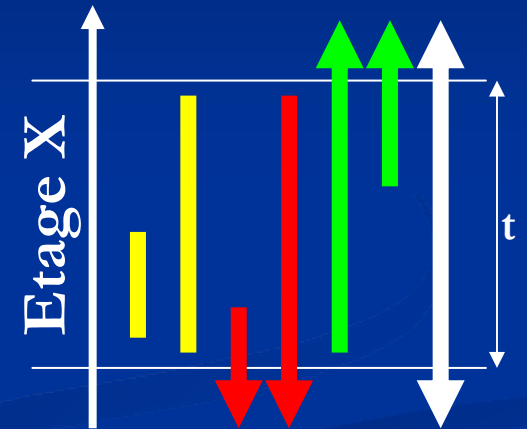
Date : Age du début de l'Etage

X-FL

X-bL

X-Ft

X-bt



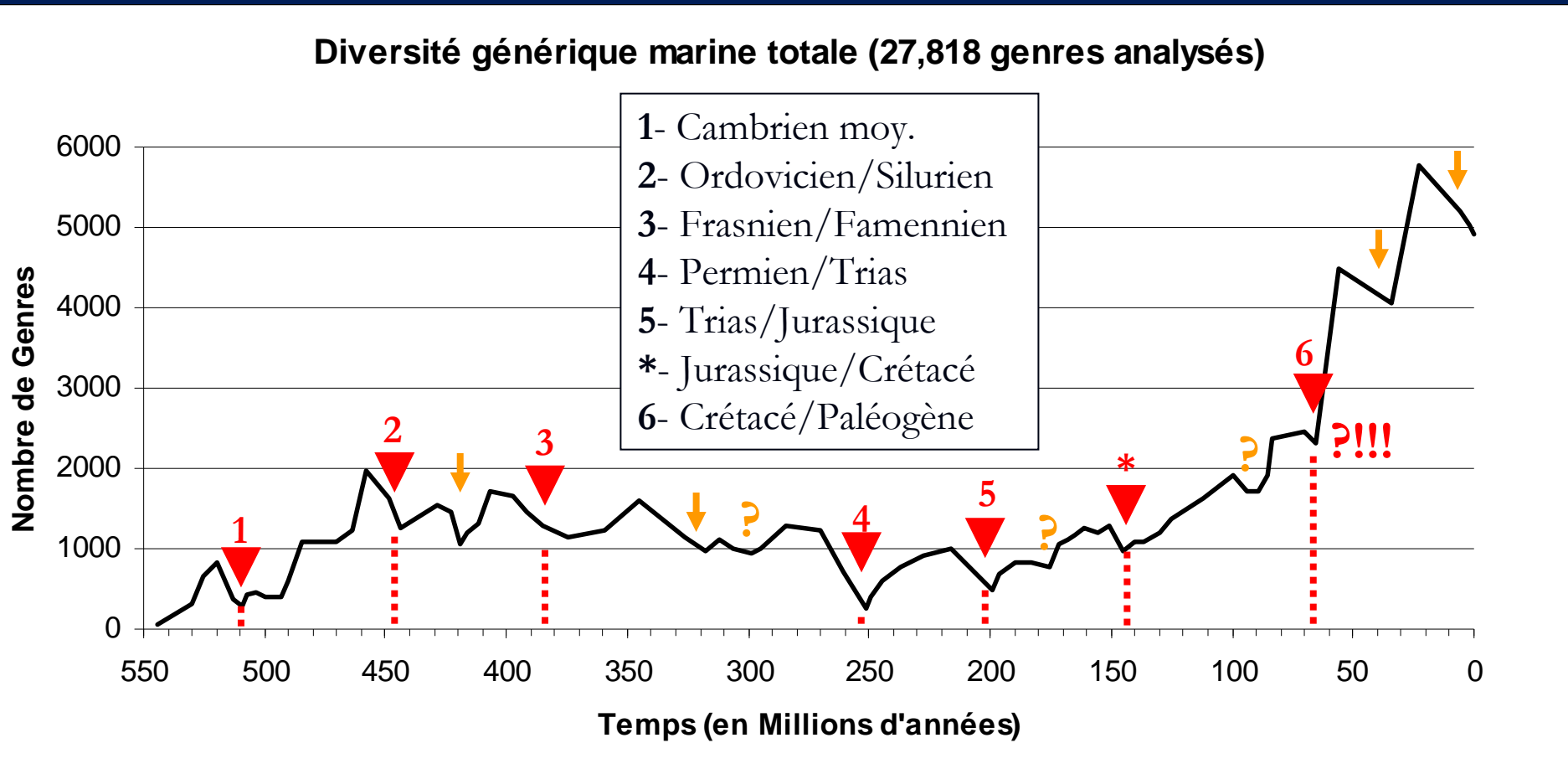
q Lmy et *p Lmy* : taux d'extinction et d'apparition par taxon et par million d'années (Foote, 2000) :

$$q = -\ln\left(\frac{X - bt}{(X - bt) + (X - bL)}\right) / t$$

$$p = -\ln\left(\frac{X - bt}{(X - bt) + (X - Ft)}\right) / t$$

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

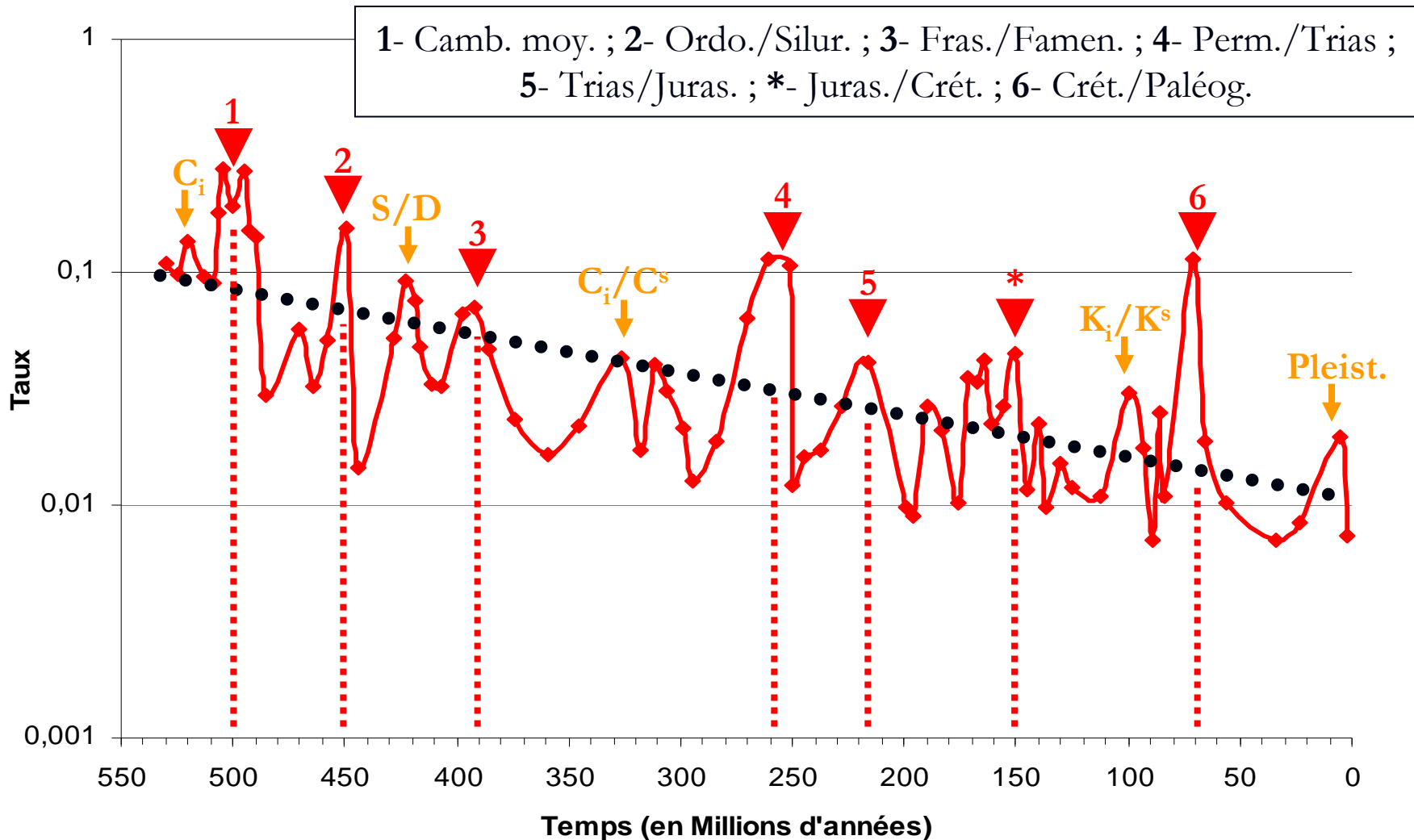


Changements de diversité totale :
combinaison d'apparitions et d'extinctions
→ Séparation des signaux

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

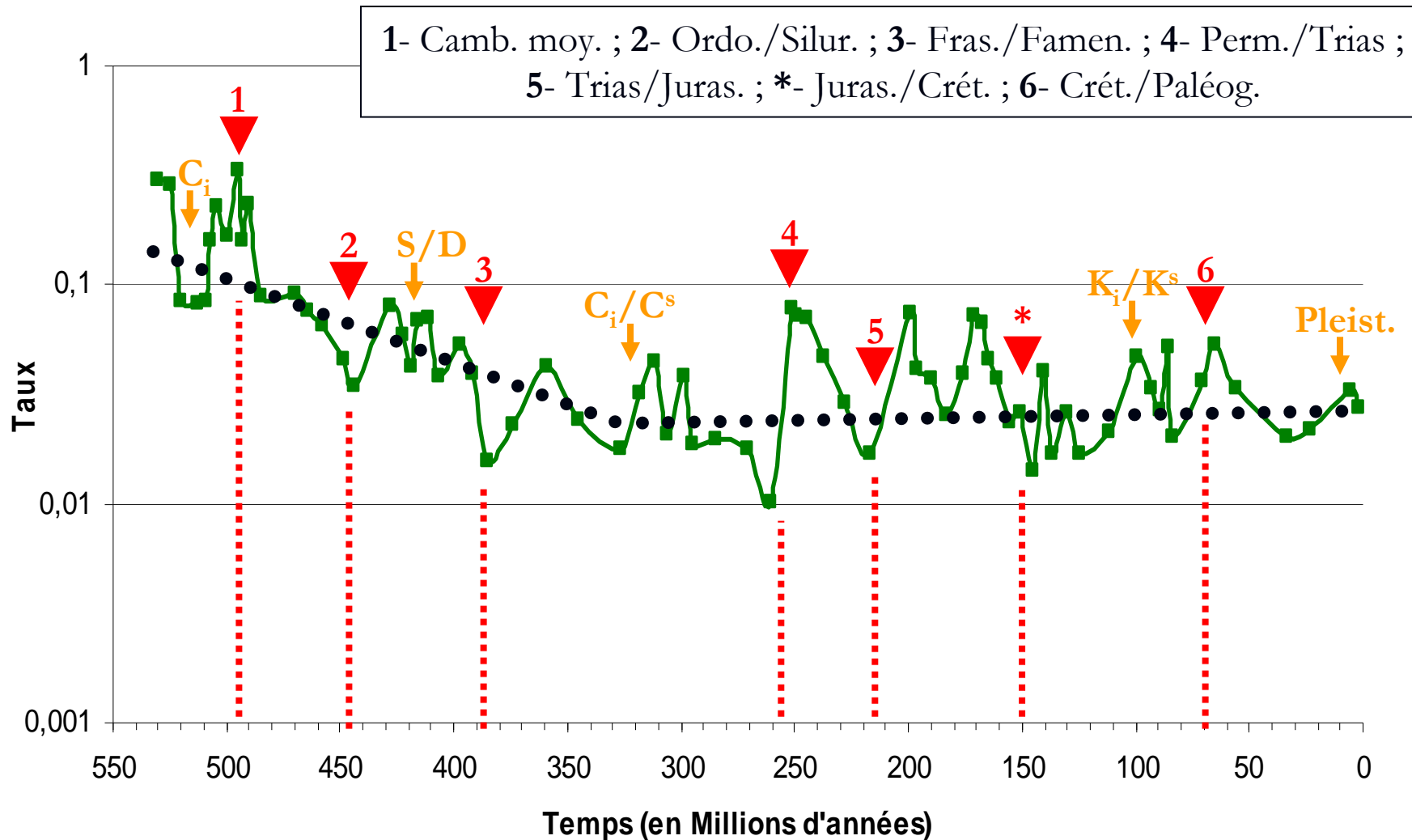
Taux d'extinction par taxon et par million d'année



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

Taux d'apparition par taxon et par million d'années



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Librement accessible à : <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>

Taux de renouvellement :

$$R_R = p + q$$

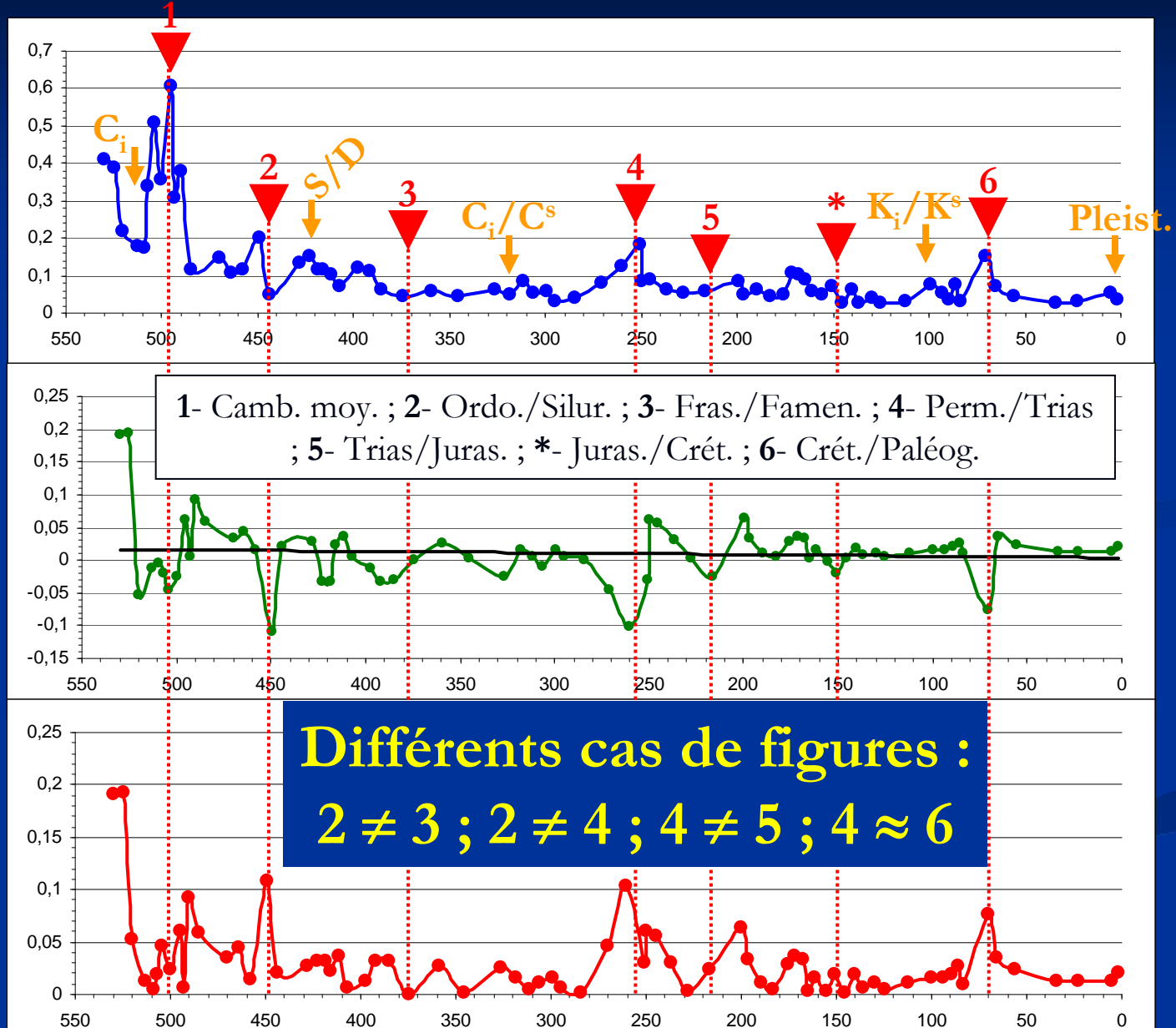
Diversification

nette :

$$\Delta R = p - q$$

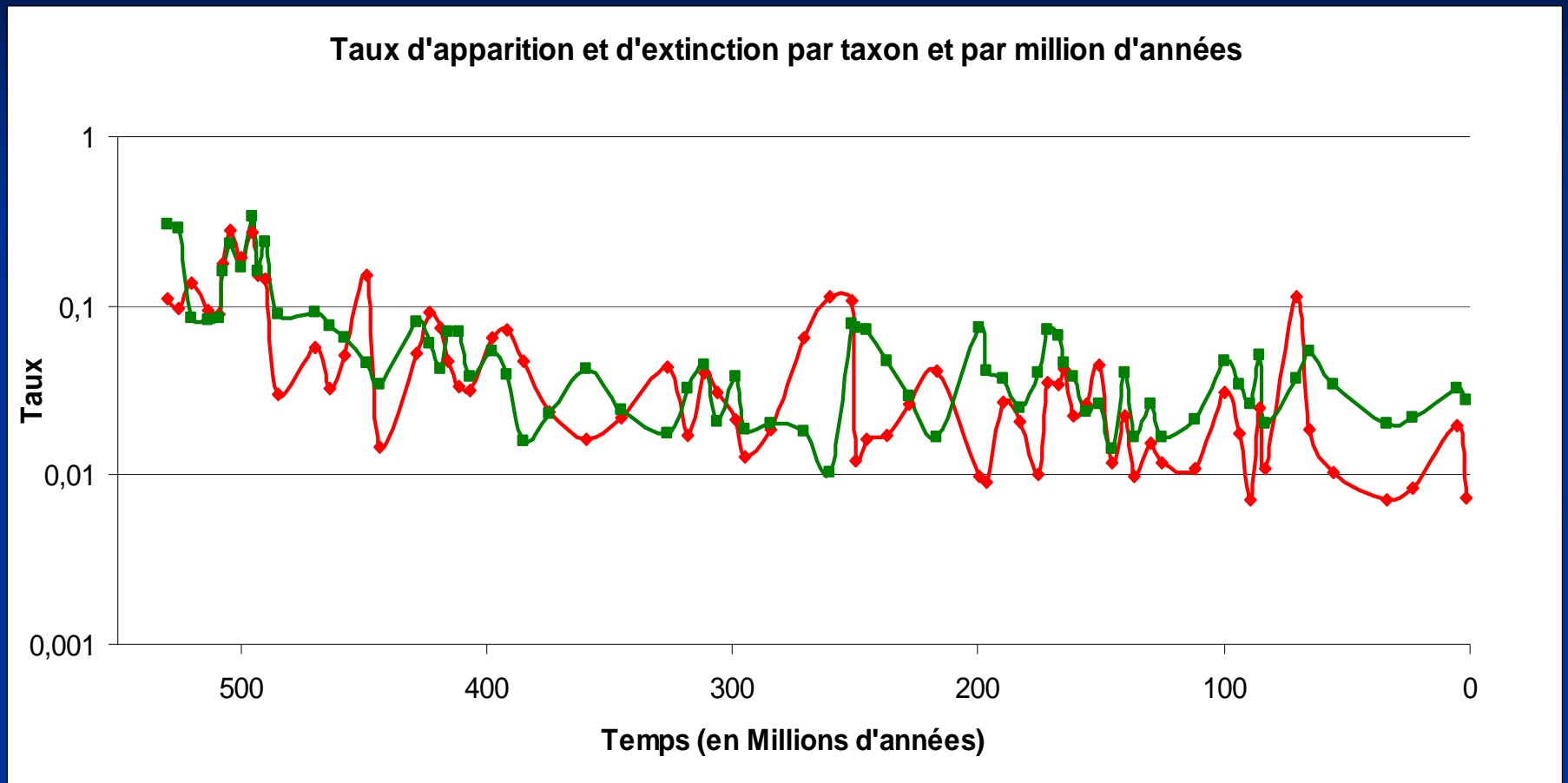
Volatilité :

$$V = |p - q|$$



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

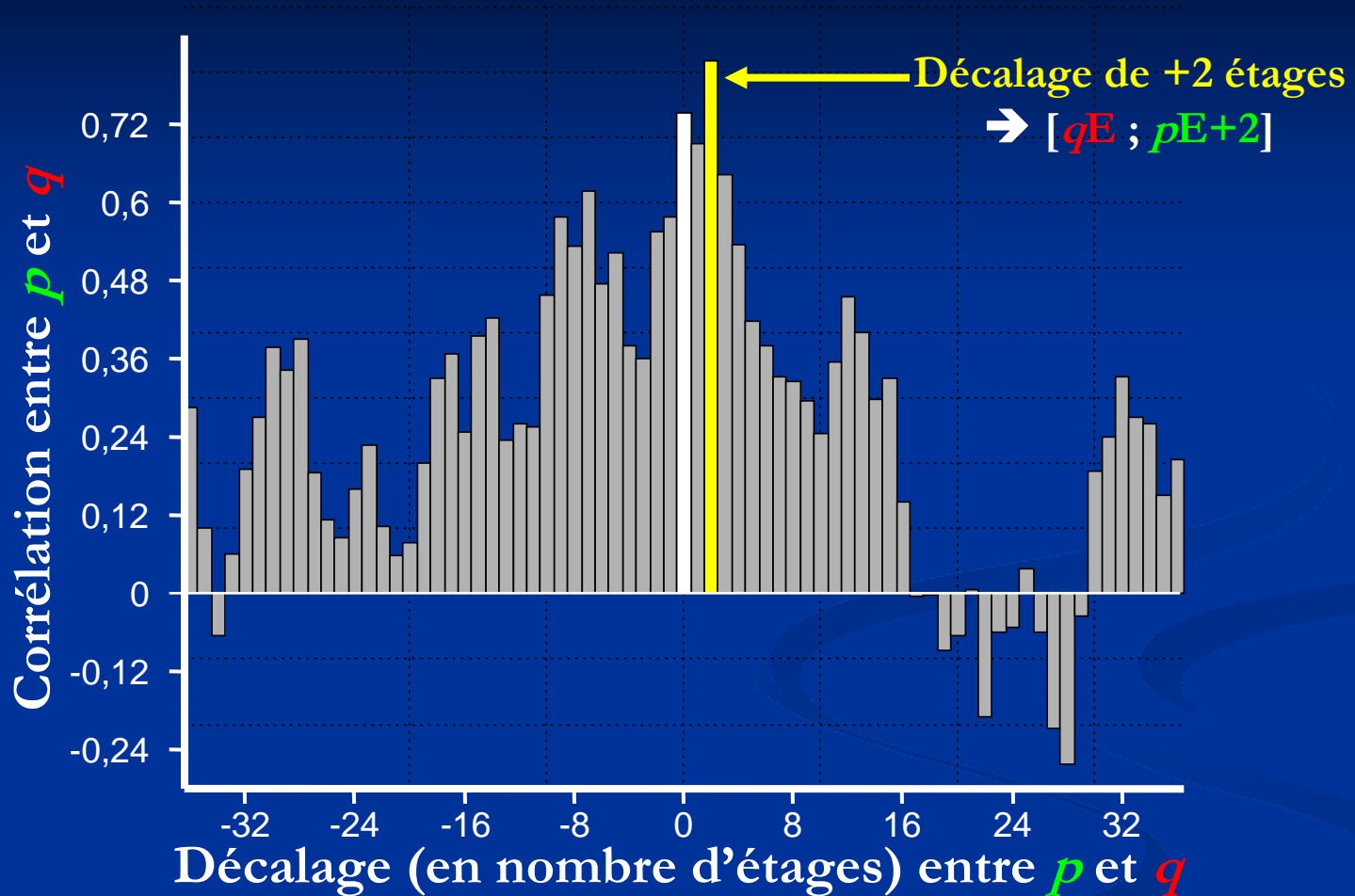
Relation entre les **taux d'apparition** et les **taux d'extinction** ?



➔ **Analyse de corrélation croisée : recherche du décalage temporel entre taux d'apparition et d'extinction maximisant la corrélation entre les deux séries**

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

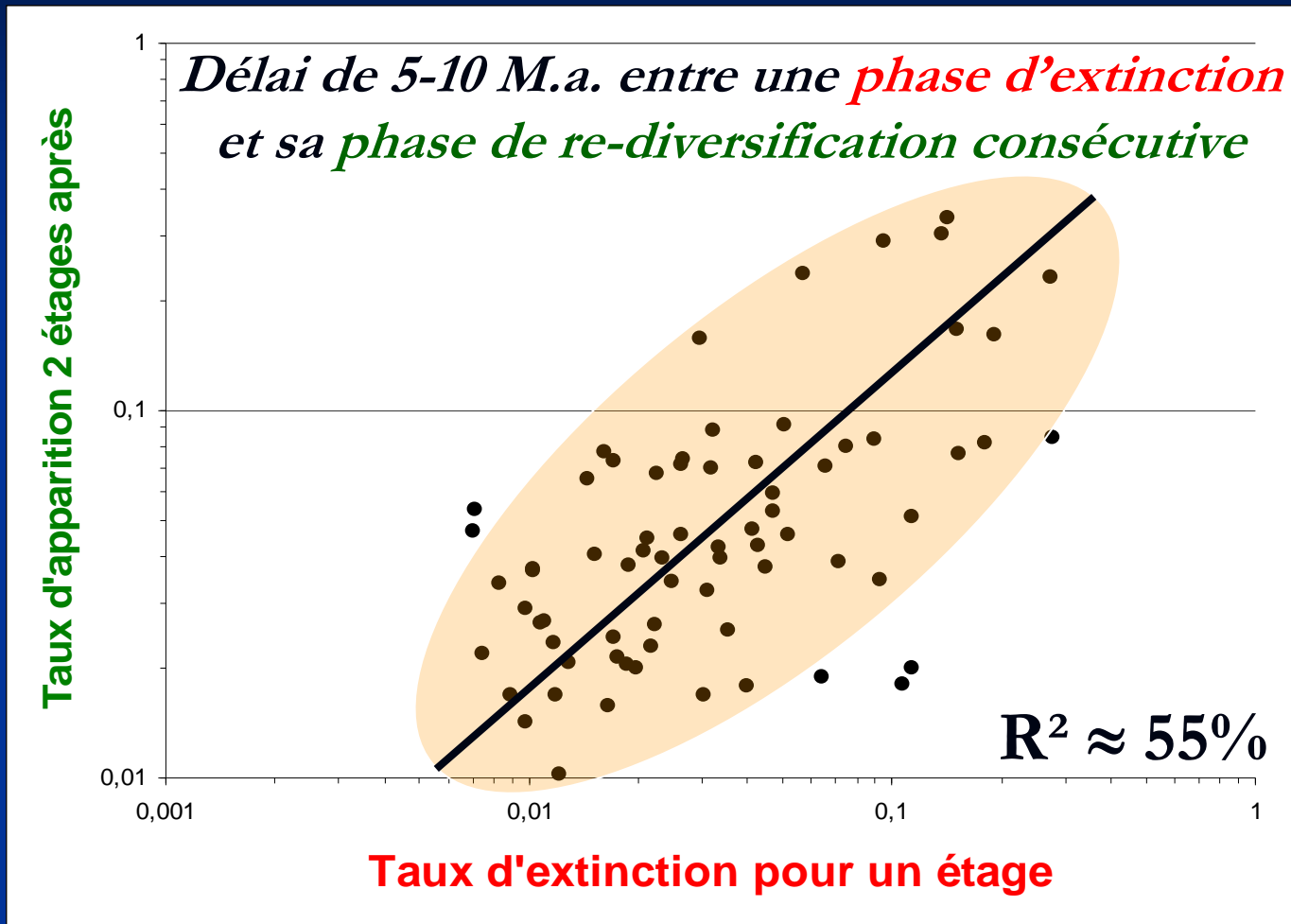
Relation entre les **taux d'apparition** et les **taux d'extinction** ?



➔ **Analyse de corrélation croisée : recherche du décalage temporel entre taux d'apparition et d'extinction maximisant la corrélation entre les deux séries**

Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

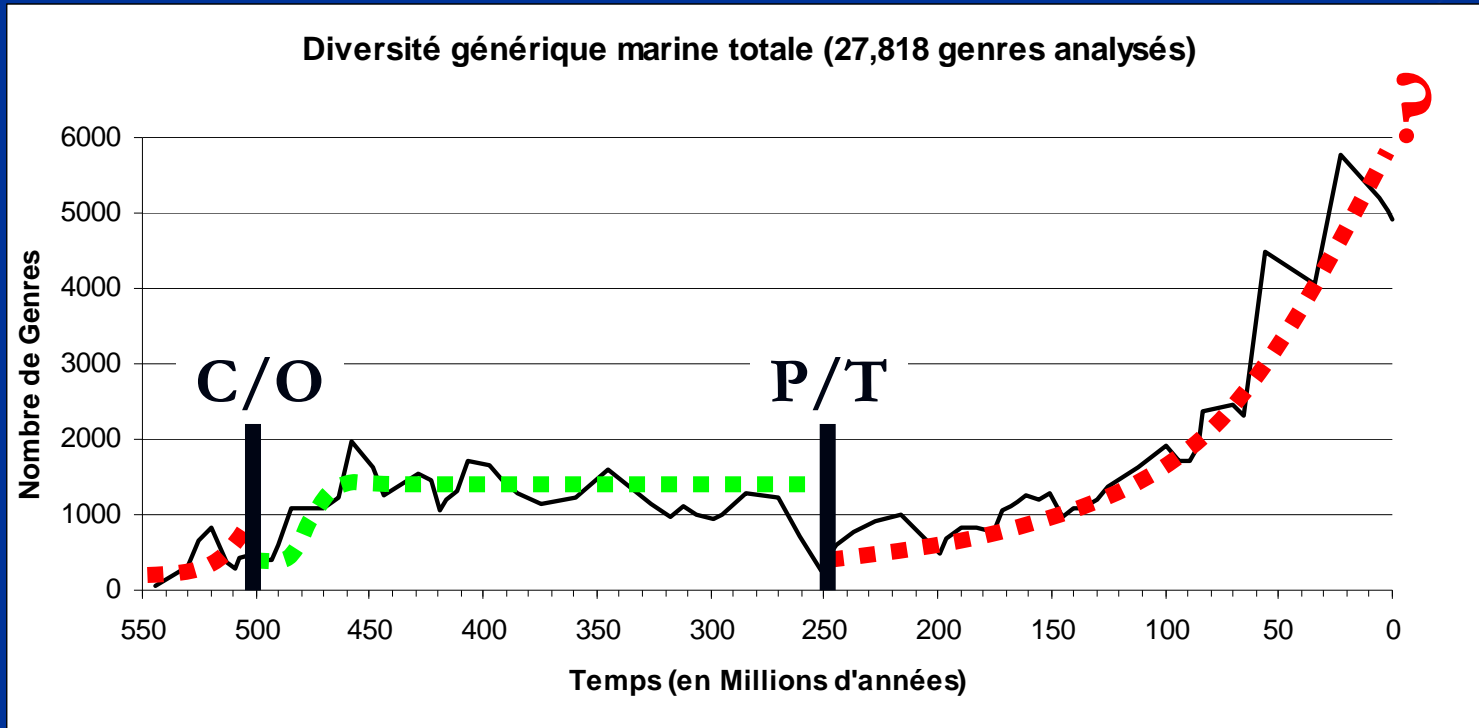
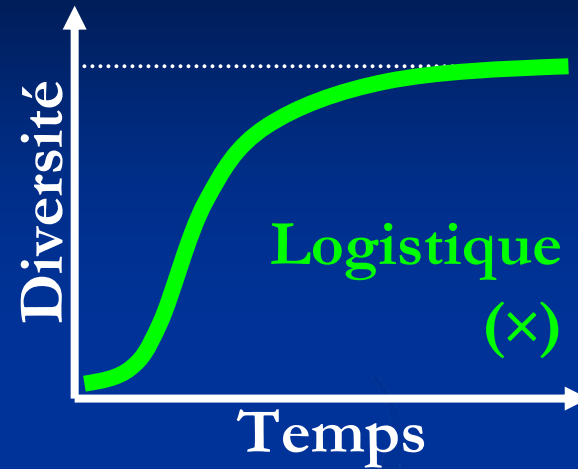
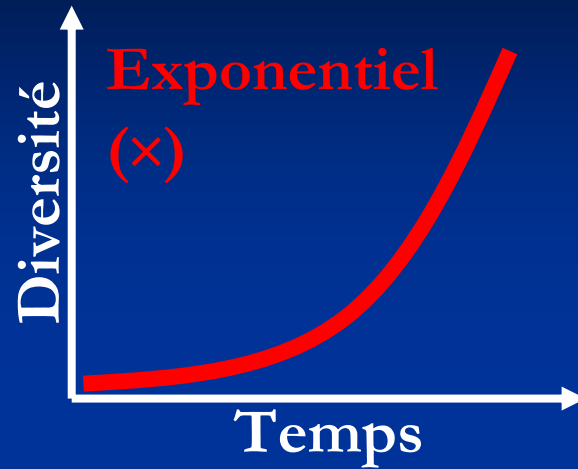
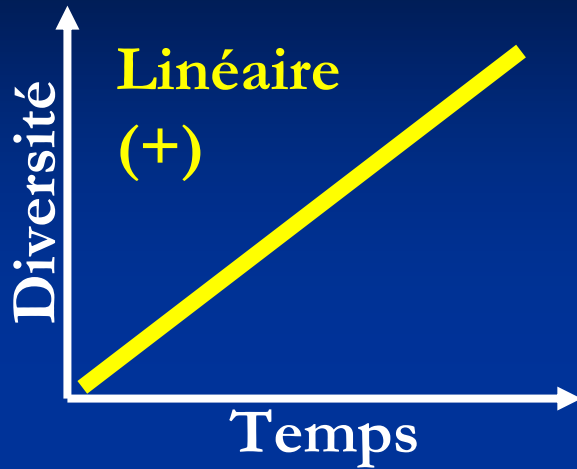
Relation entre les **taux d'apparition** et les **taux d'extinction** ?



Corrélation maximale des taux d'**apparition** (p) et d'**extinction** (q)
pour un **décalage de +2 étages** $\rightarrow [q_E ; p_{E+2}]$

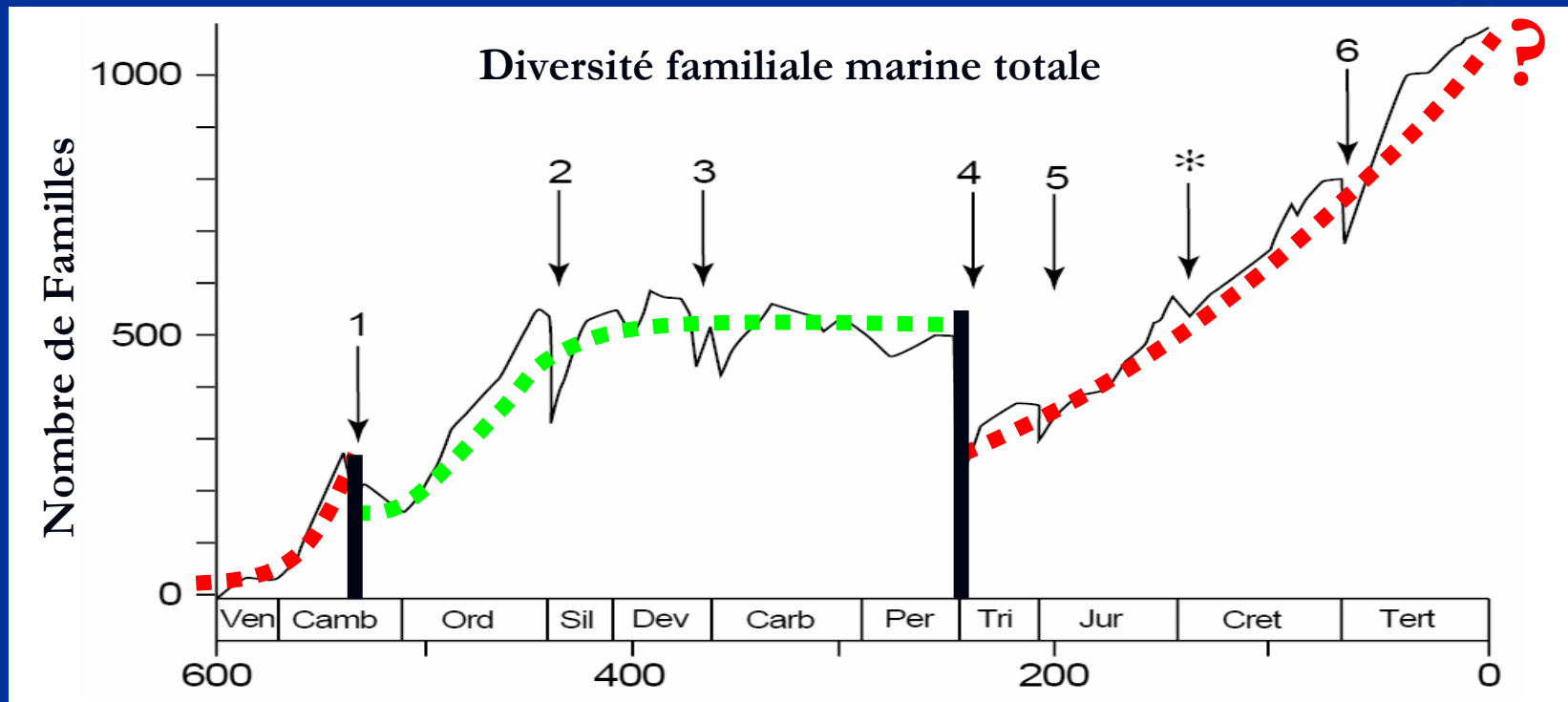
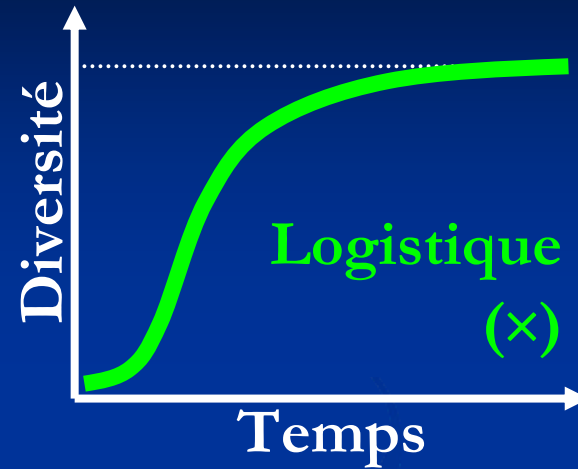
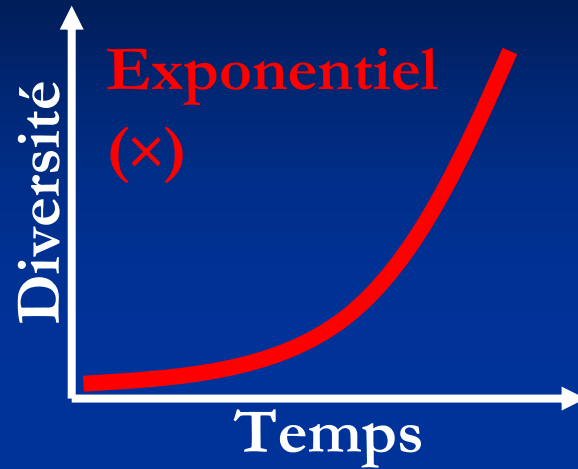
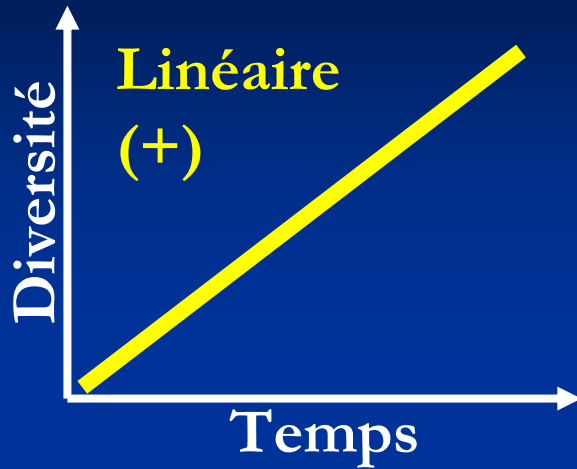
Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Quel(s) modèle(s) de diversification ?



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

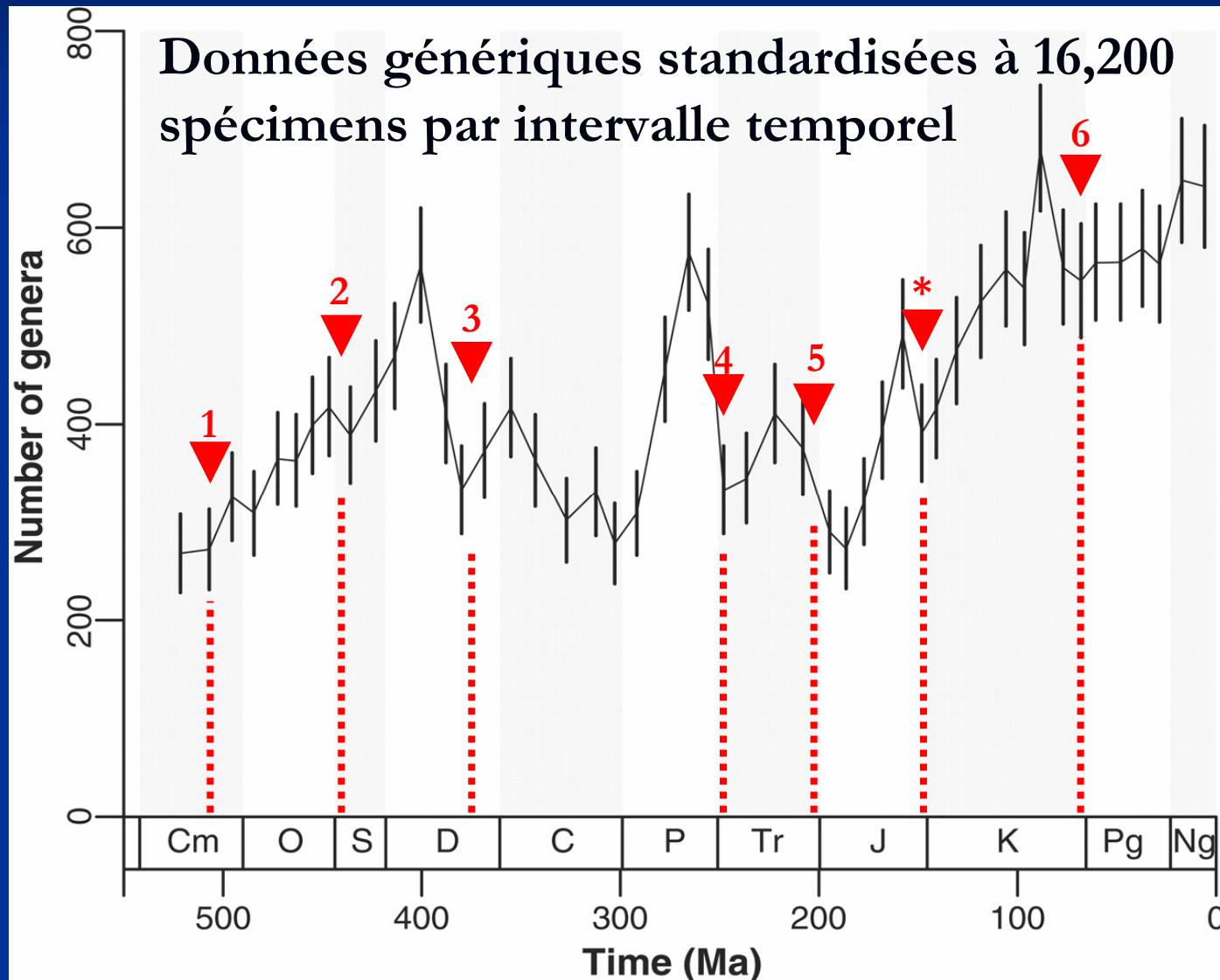
Quel(s) modèle(s) de diversification ?



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

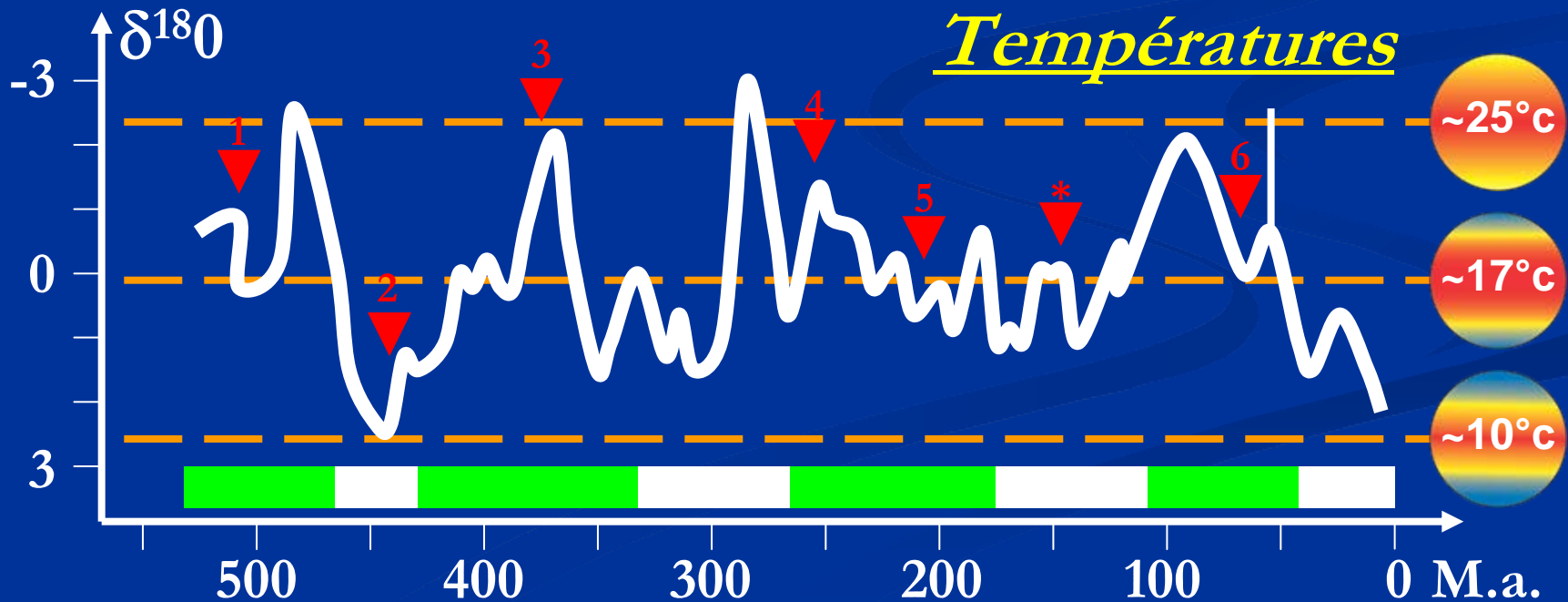
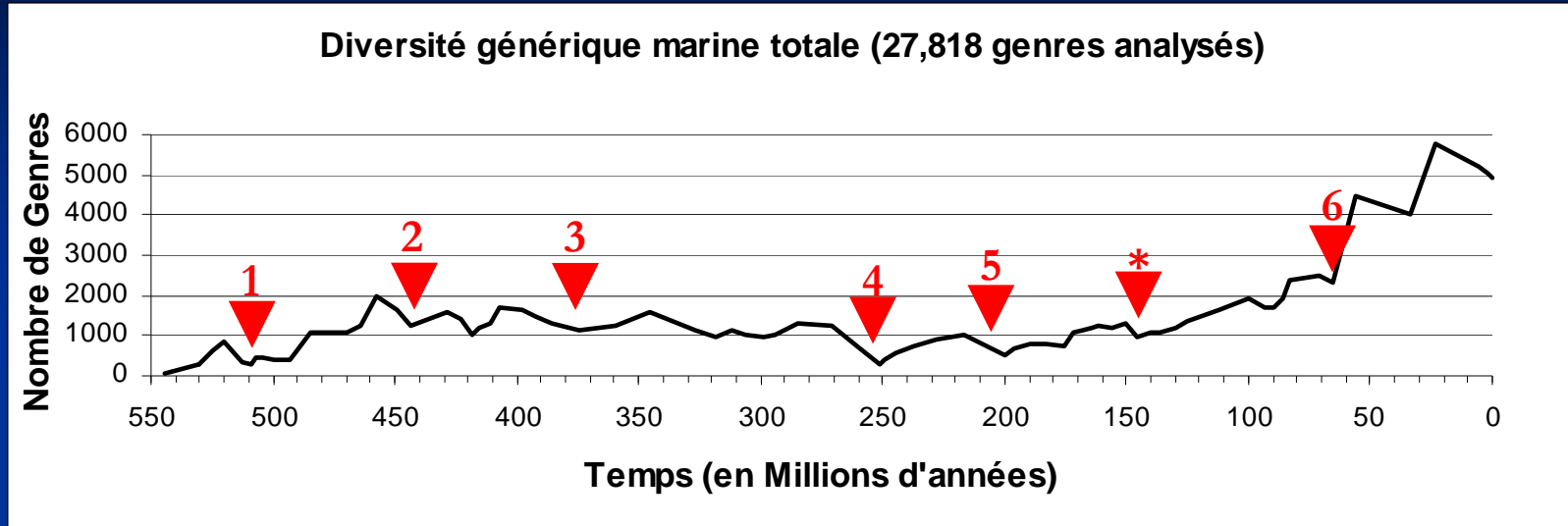
Quel(s) modèle(s) de diversification ?

Oui mais...



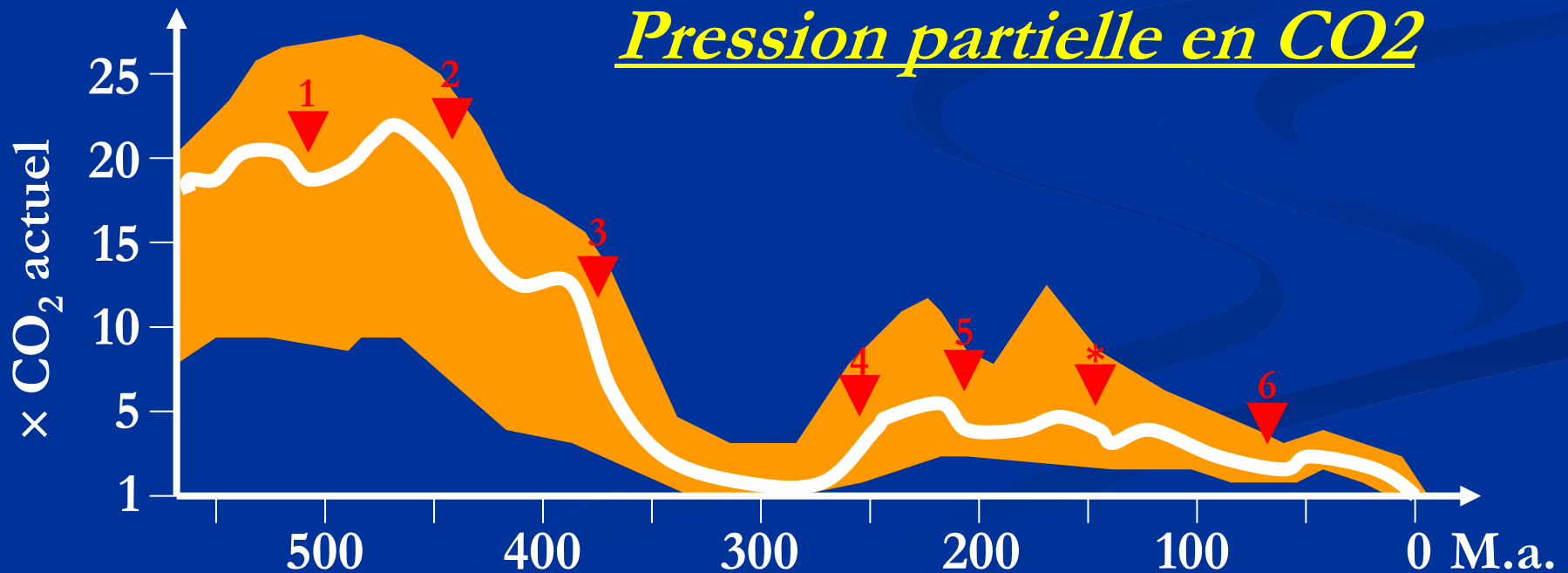
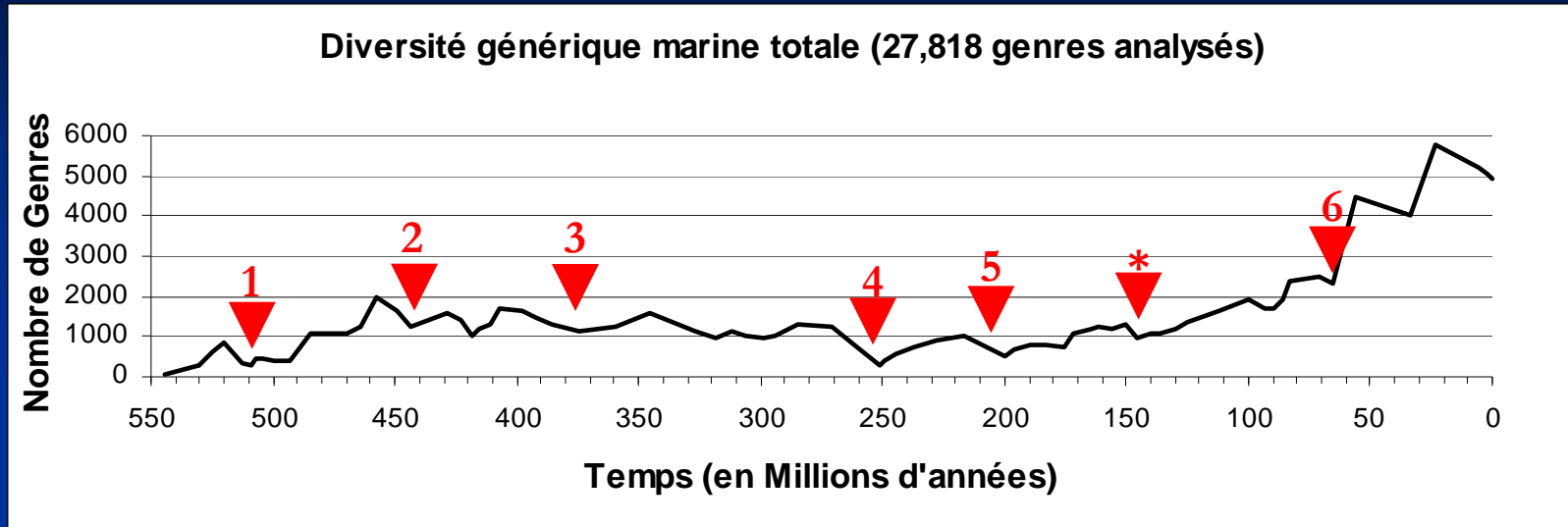
Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Relation Biodiversité – Climat – Environnement



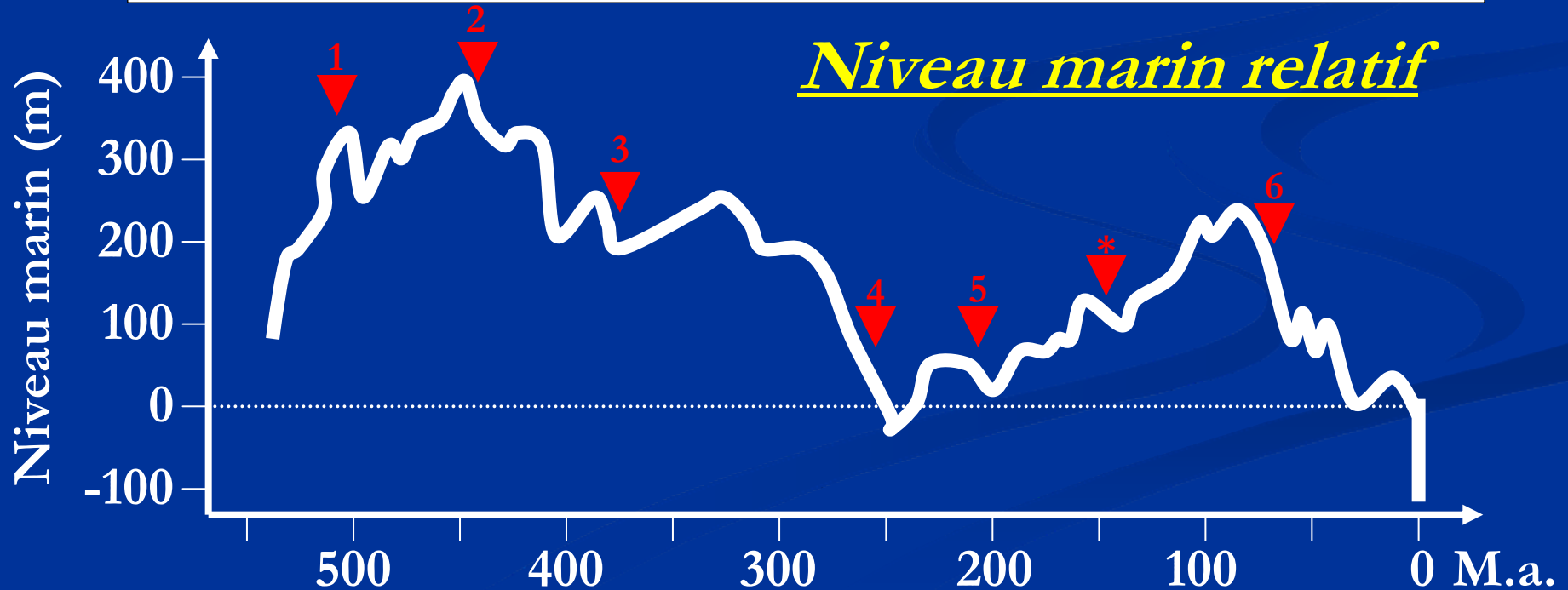
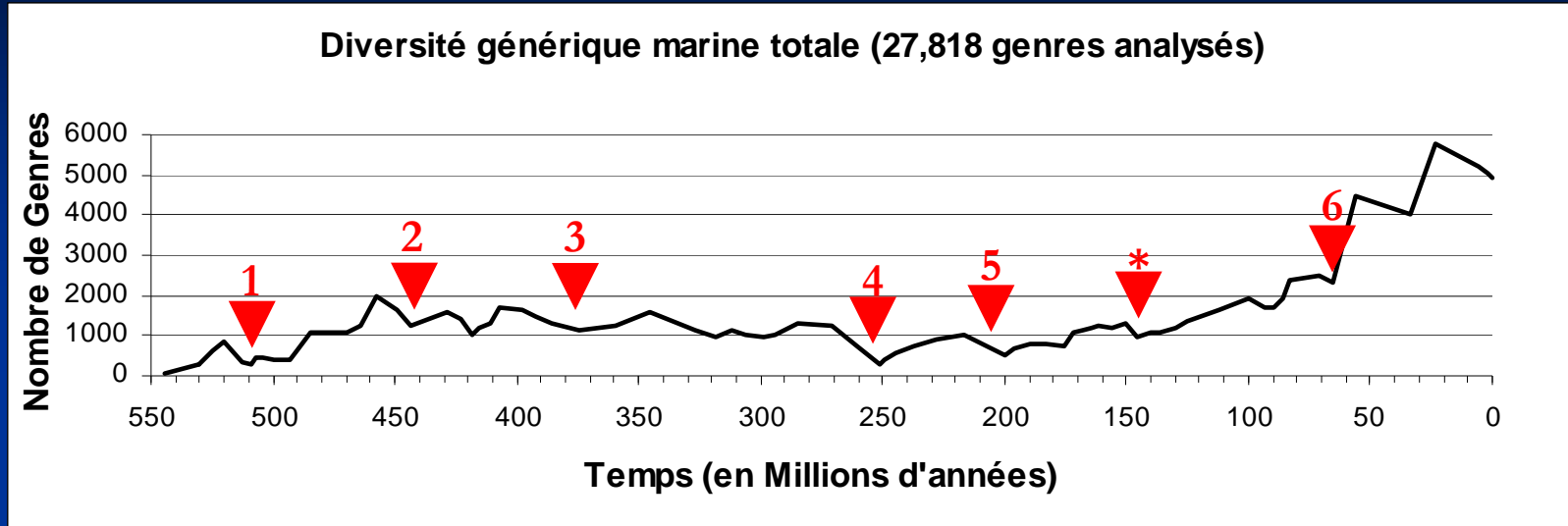
Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Relation Biodiversité – Climat – Environnement



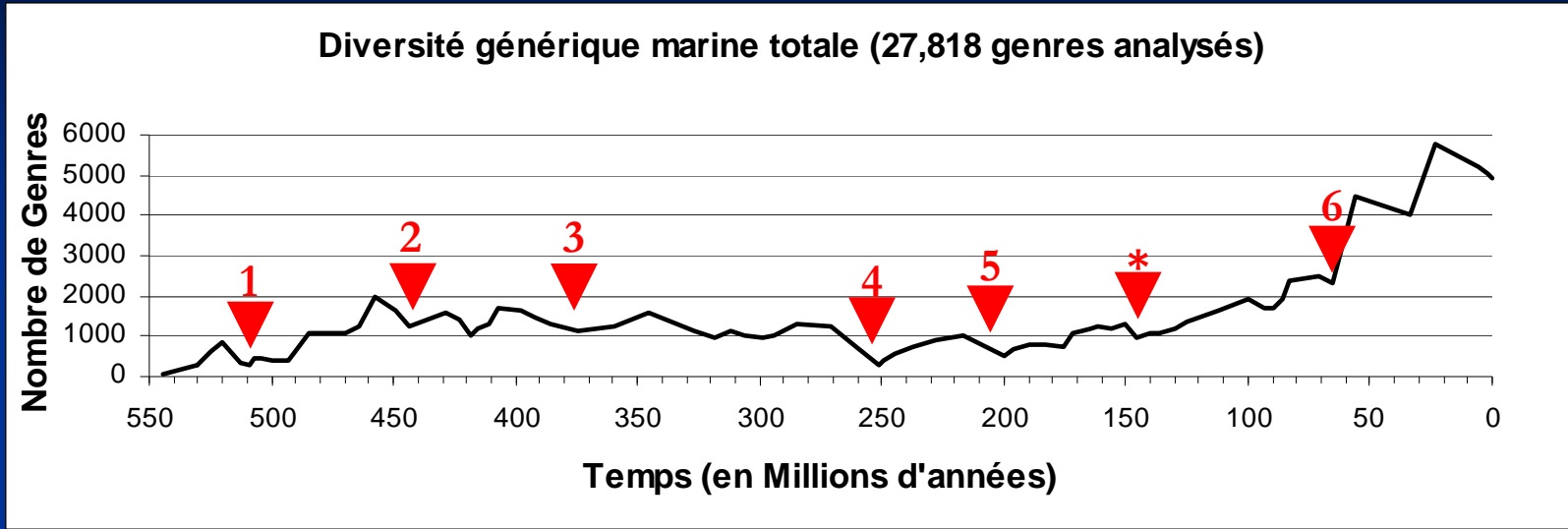
Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

Relation Biodiversité – Climat – Environnement

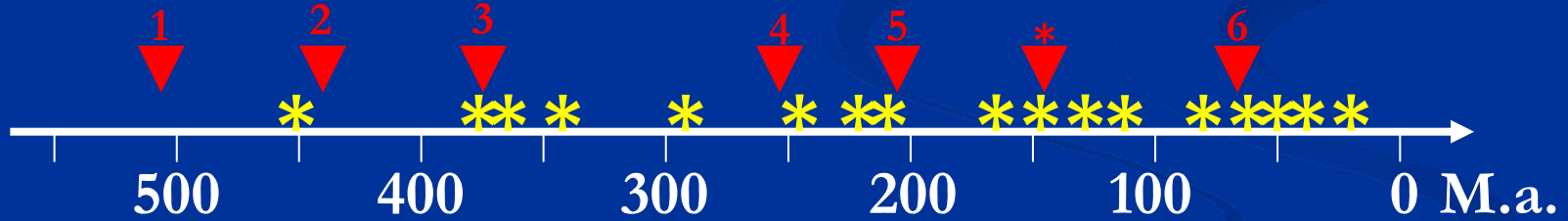


Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

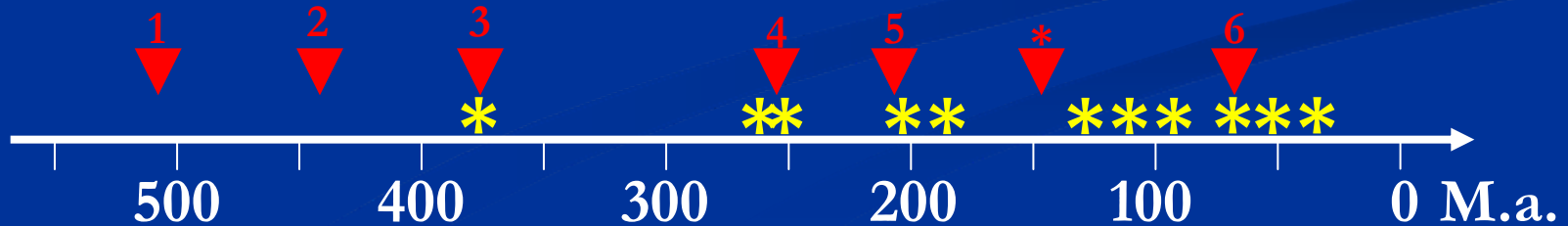
Relation Biodiversité – Climat – Environnement



Impacts météoritiques (Diam. > 20km)

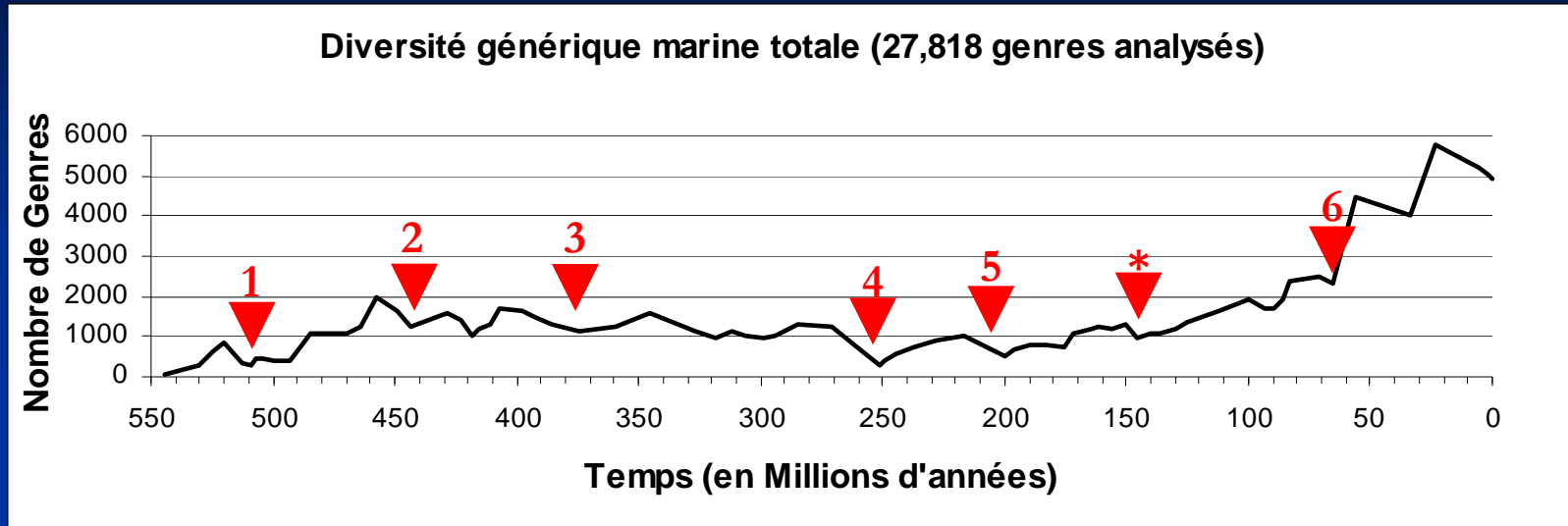


Trapps volcaniques (Vol. > 10⁶ km³)



Application à partir de la base de données de J.J. Sepkoski Jr. (2002)

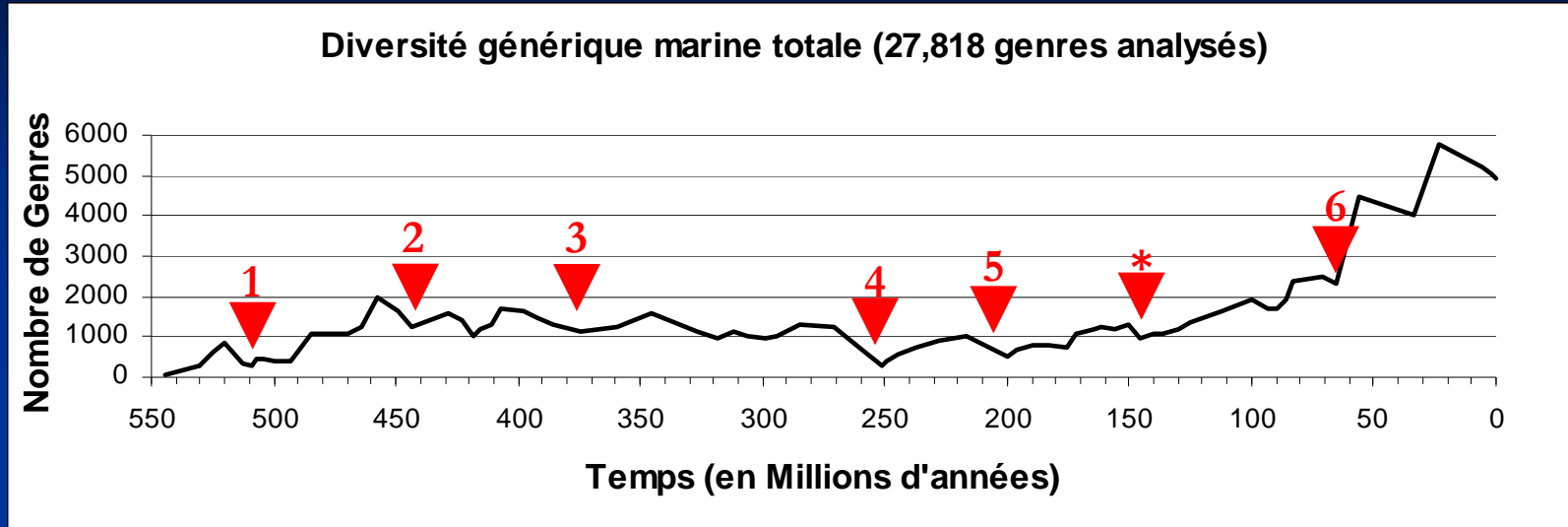
Relation Biodiversité – Climat – Environnement



Cause(s) des Crises d'extinction majeures ?

- 1- Cambrien moy. : glaciation & chute p.p. O_2 (?)
- 2- Ordovicien/Silurien : glaciation & chute du niveau marin
- 3- Frasnien/Famennien : traps & glaciation & impact météoritique (?)
- 4- Permien/Trias : traps de Sibérie & super-continentalisation (+glaciation?)
- 5- Trias/Jurassique : traps CAMP (Atlantique) & impact météoritique (?)
- *- Jurassique/Crétacé : chute du niveau marin (?) & glaciation (?) & impact (?)
- 6- Crétacé/Paléogène : traps du Deccan & impact météoritique

Relation Biodiversité – Climat – Environnement



... Et donc ???

Pas de « règle générale » évidente, tant pour la courbe *globale* que pour les phases d'extinctions massives (~60% de la variation totale)

➔ Niveau d'analyse écologiquement non-fonctionnel...

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Biodiversité & Géographie : du *local* au *global*

Diversité α
(locale)

Diversité γ
(régionale)

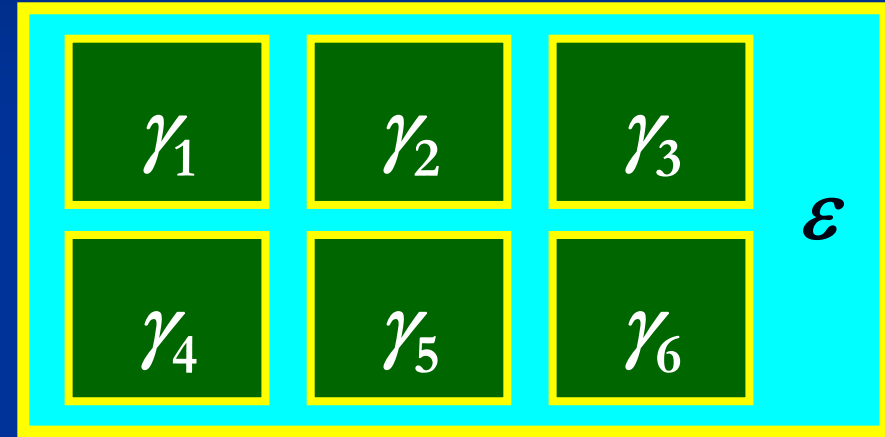
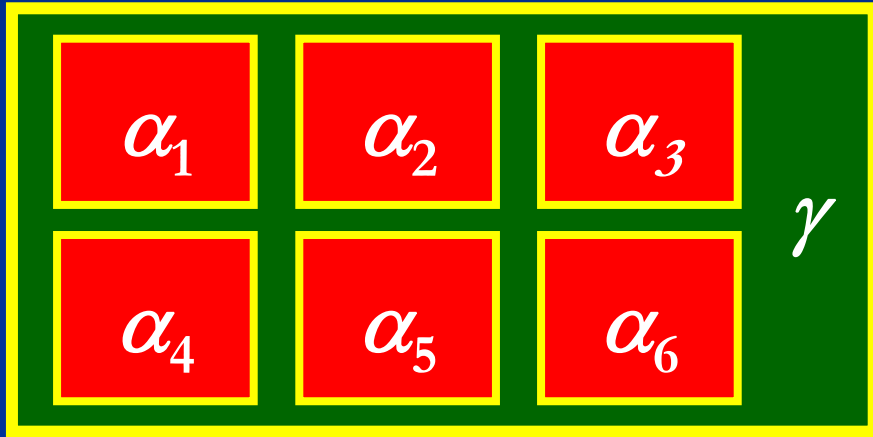
Diversité ϵ
(continent, océan)

Diversité *globale*

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Biodiversité & Géographie : du *local* au *global*

D'une diversité à l'autre : les diversités β et δ



$$\max(\alpha_i) \leq \gamma \leq \sum \alpha_i$$

$$\gamma = \bar{\alpha} + \beta$$

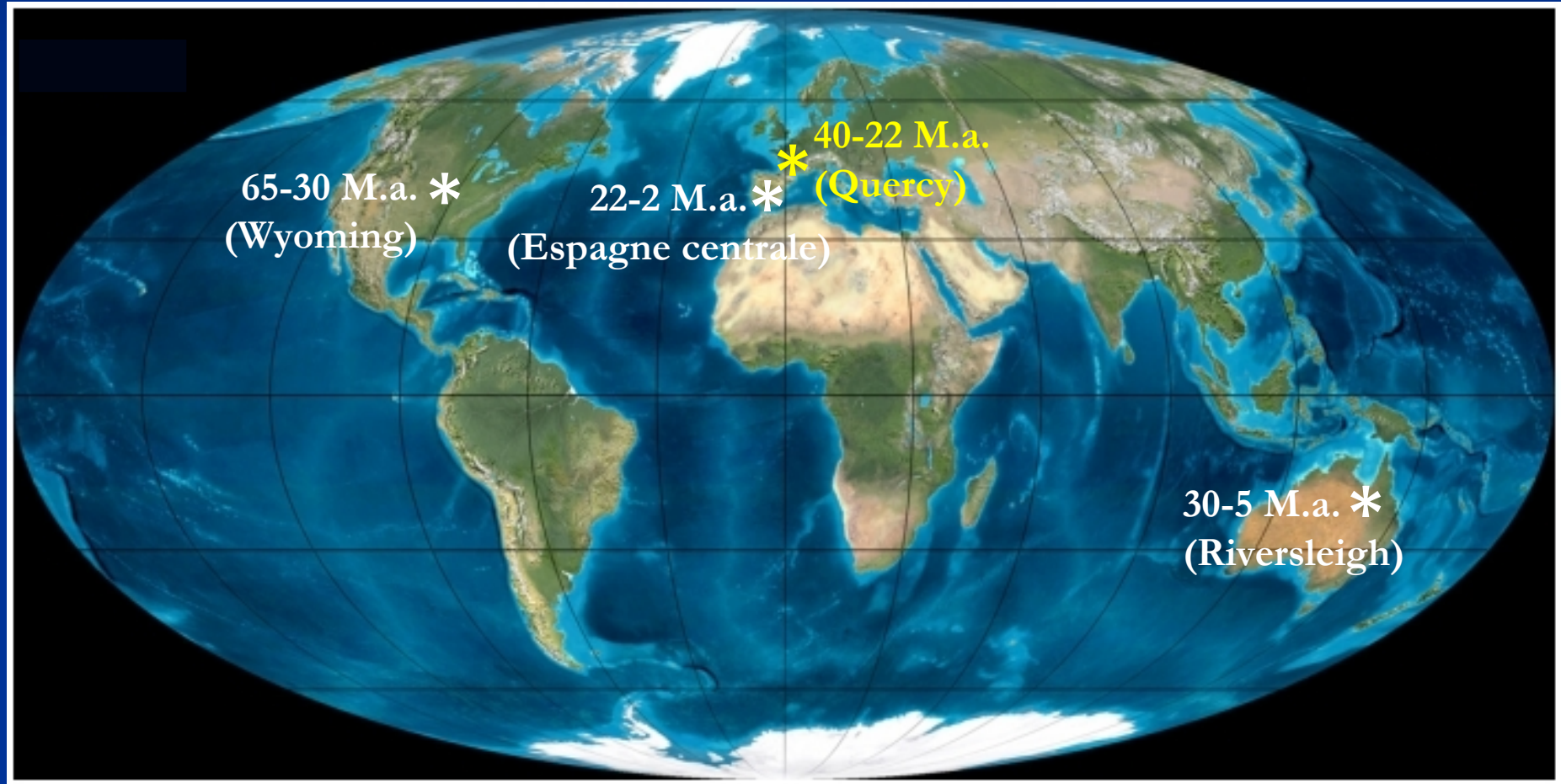
$$\max(\gamma_i) \leq \epsilon \leq \sum \gamma_i$$

$$\epsilon = \bar{\gamma} + \delta$$

β et δ : hétérogénéité des assemblages locaux et régionaux

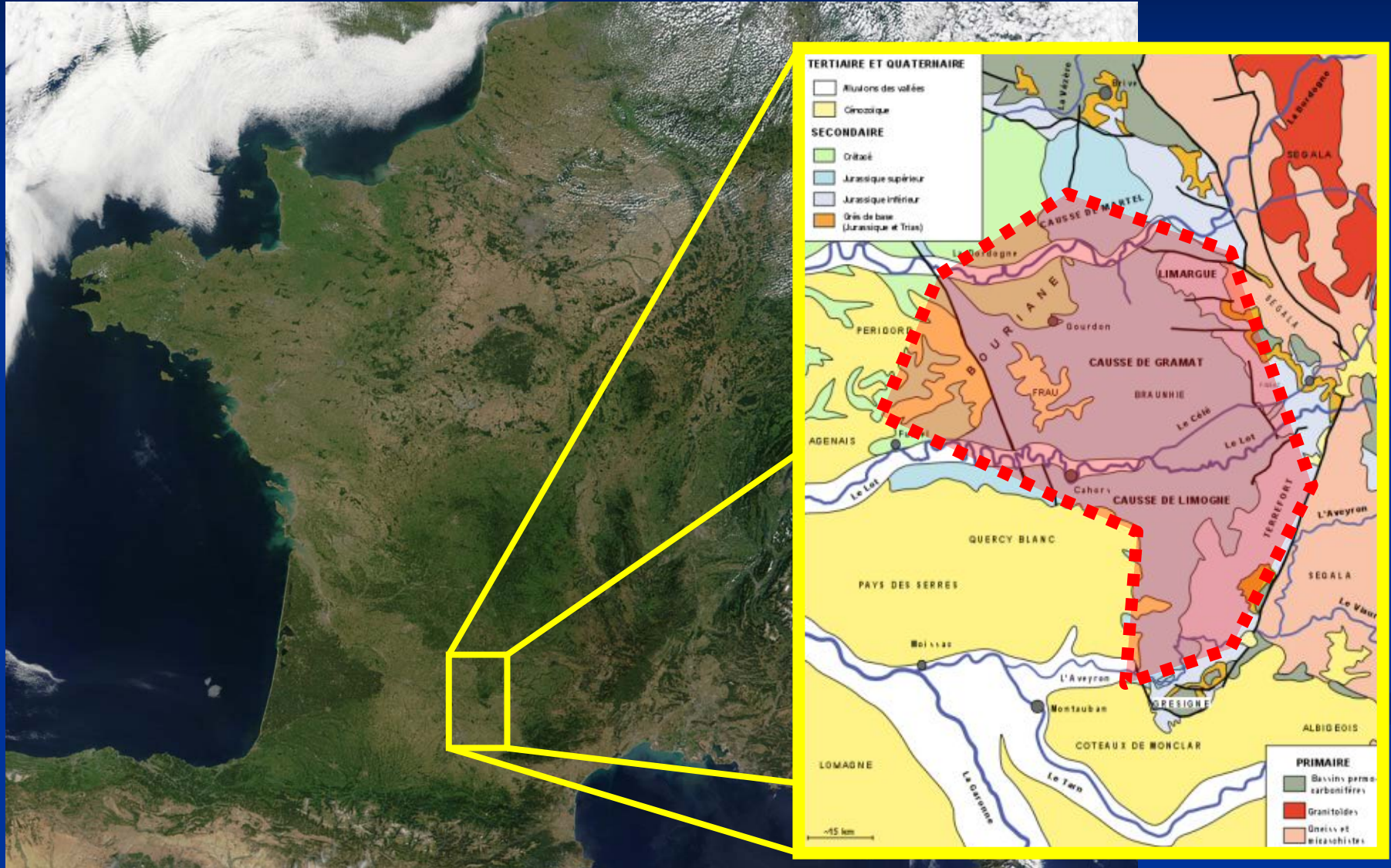
2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Régions naturelles (< ~10,000 km²) fossilifères couvrant > 15 M.a. d'évolution des Mammifères



2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

La région naturelle du Quercy (S.O. Massif Central)



http://www.quercy.net/geologie/images/carte_geolo.jpg

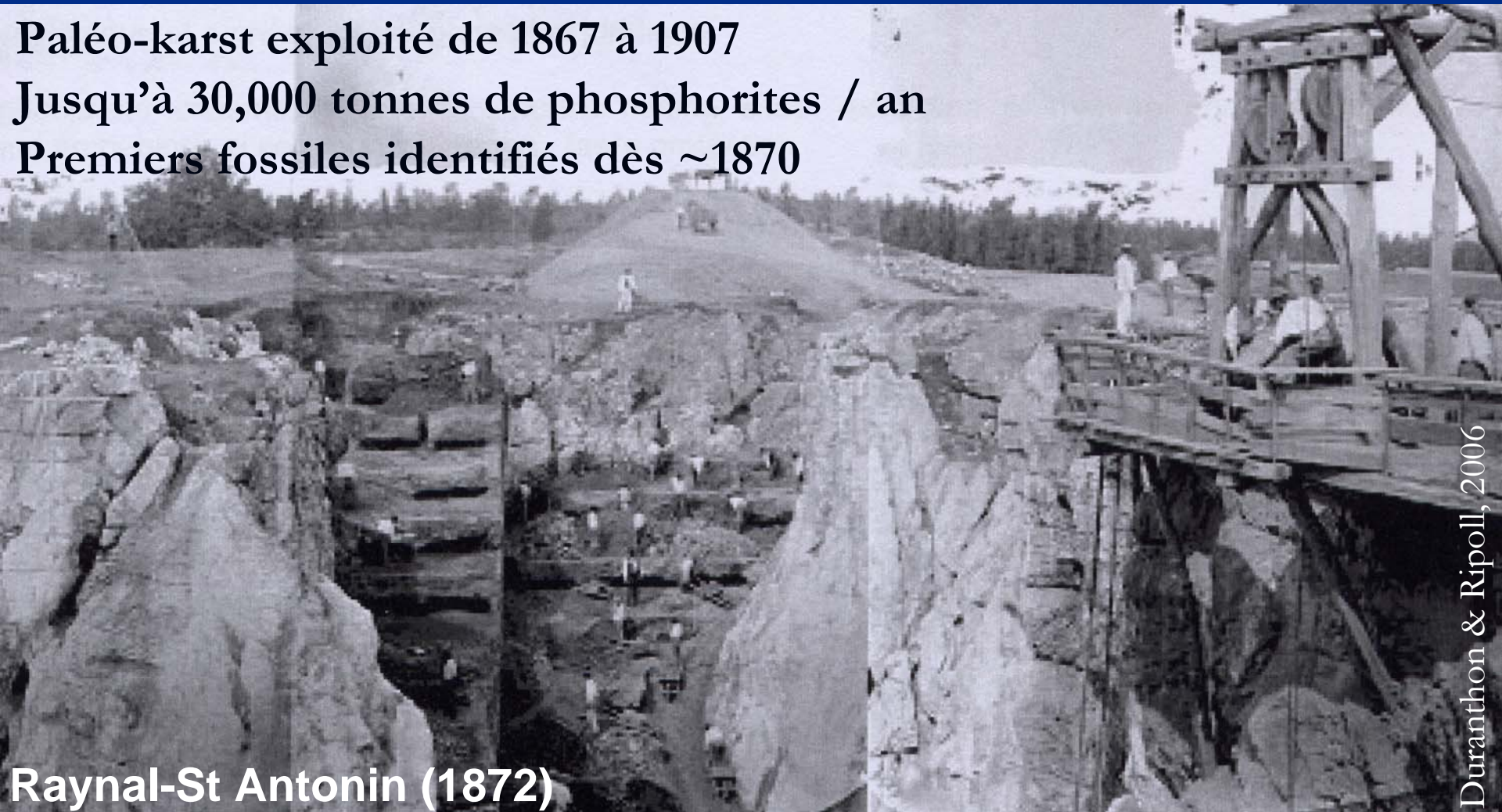
http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Satellite_image_of_France_in_August_2002.jpg

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Les Phosphorites du Quercy :

~150 localités fossilifères connues couvrant
~18 millions d'années sur une surface de ~7000 km²

Paléo-karst exploité de 1867 à 1907
Jusqu'à 30,000 tonnes de phosphorites / an
Premiers fossiles identifiés dès ~1870



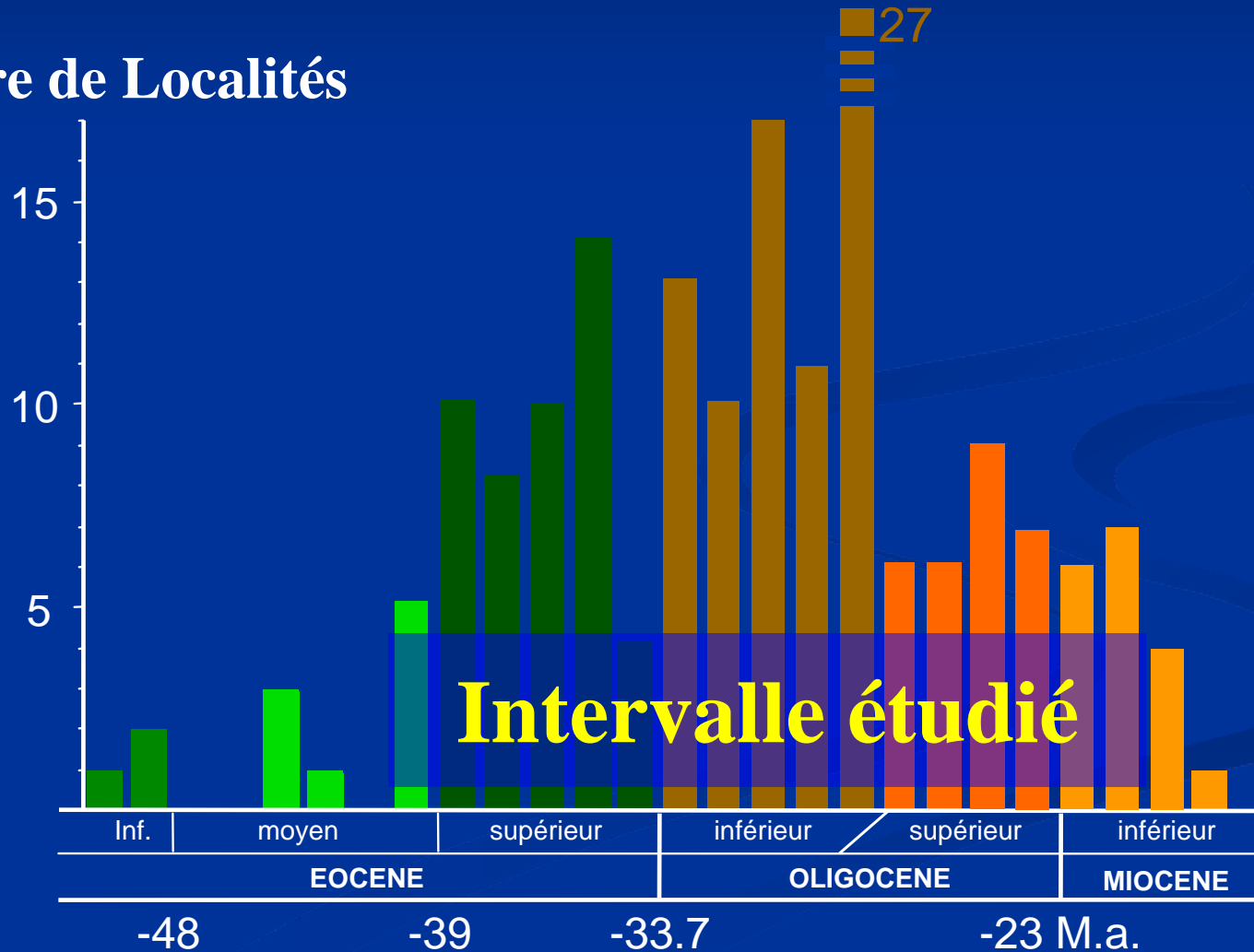
Raynal-St Antonin (1872)

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Les Phosphorites du Quercy :

~150 localités fossilifères connues couvrant
~18 millions d'années sur une surface de ~7000 km²

Nombre de Localités



2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

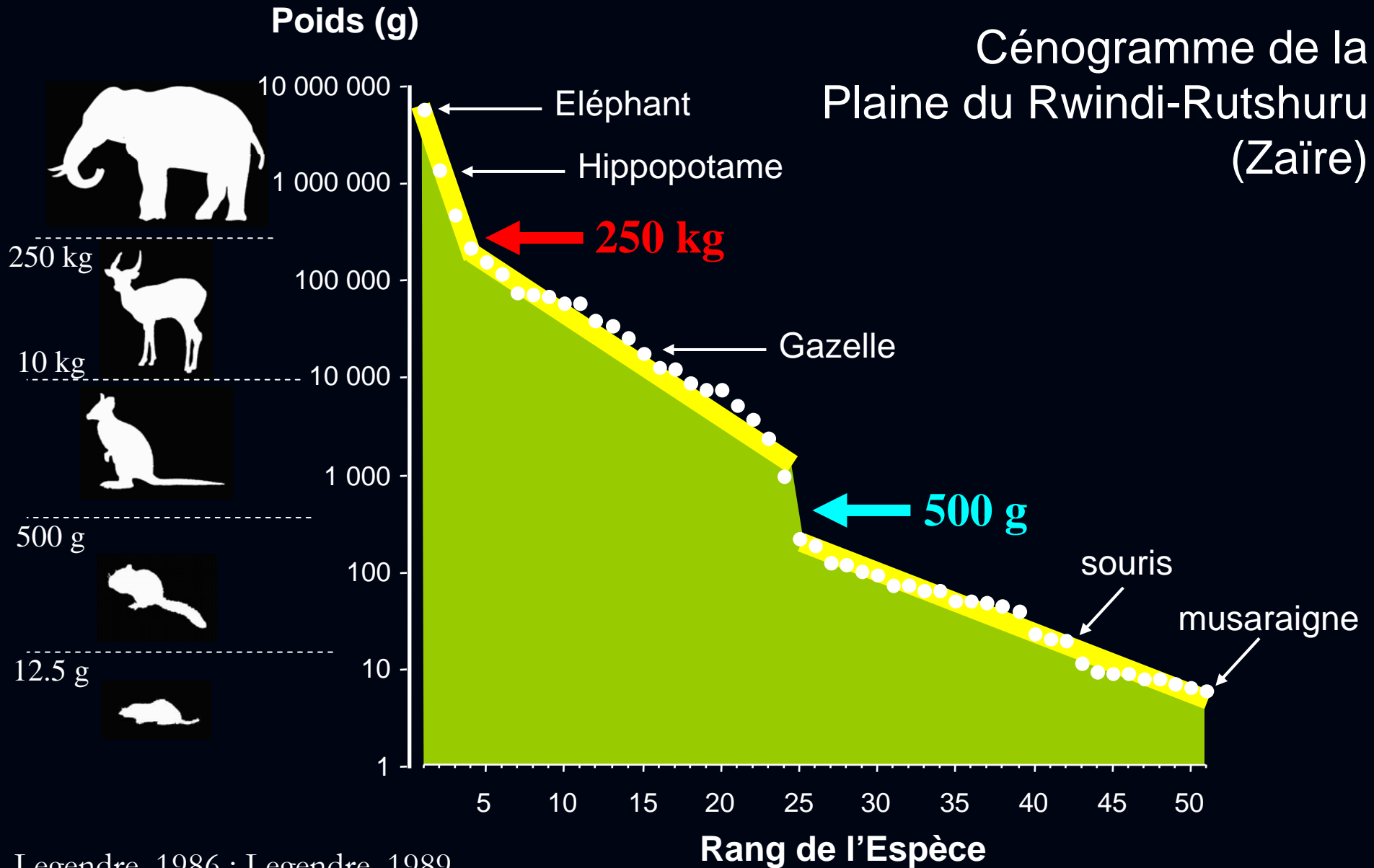
BUT : étudier les peuplements de mammifères et leur renouvellement aux échelles *locale* (quelques km²) et *régionale* (qq milliers de km²)

→ Base de données des présences de 331 lignées de mammifères dans ~150 localités réparties dans 18 intervalles successifs de ~1 million d'années

A l'échelle de chaque localité : Analyse des Cénogrammes

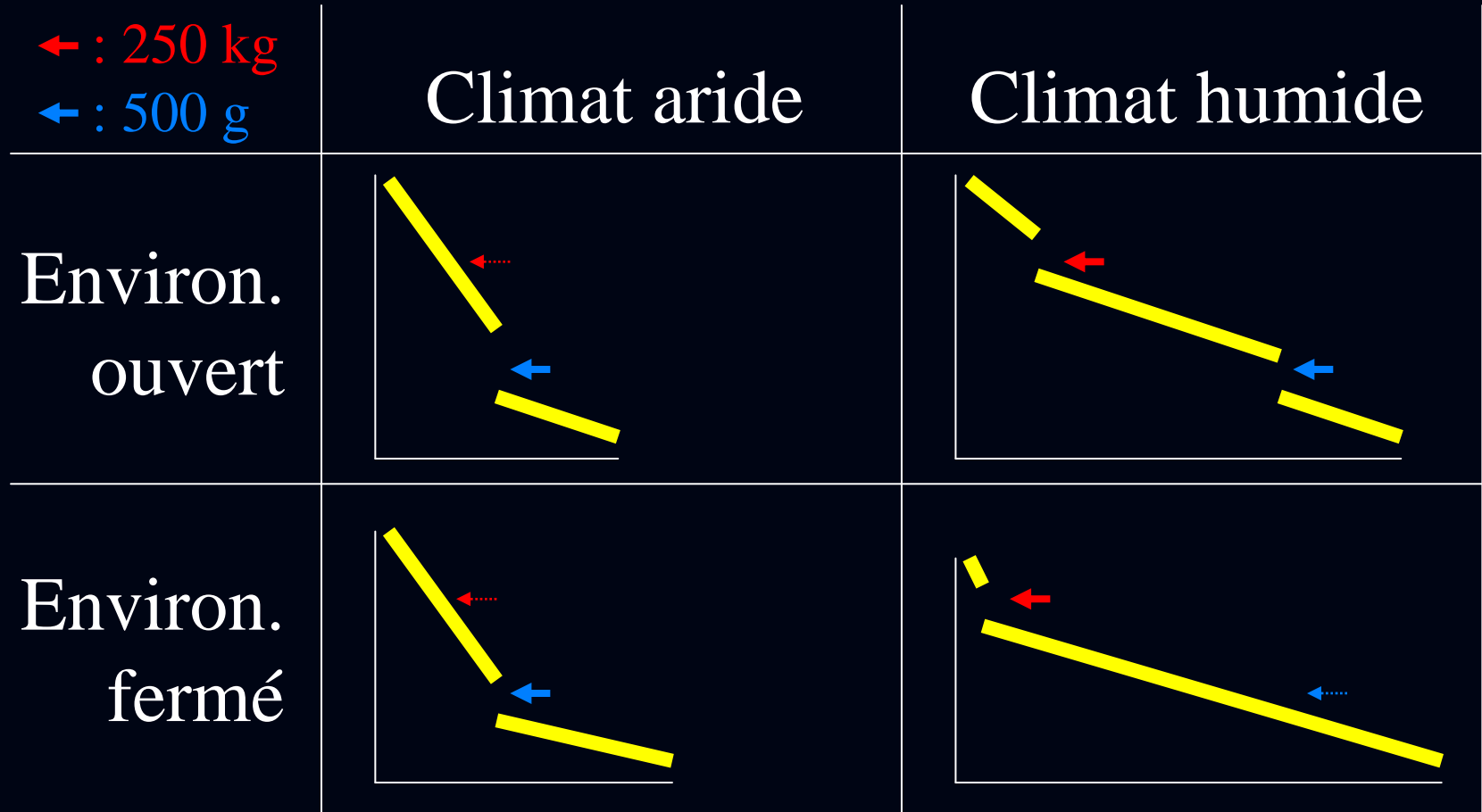
Cénogramme = graphique de distribution pondérale d'une communauté

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...



2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Un cénogramme dépend du climat et de l'environnement

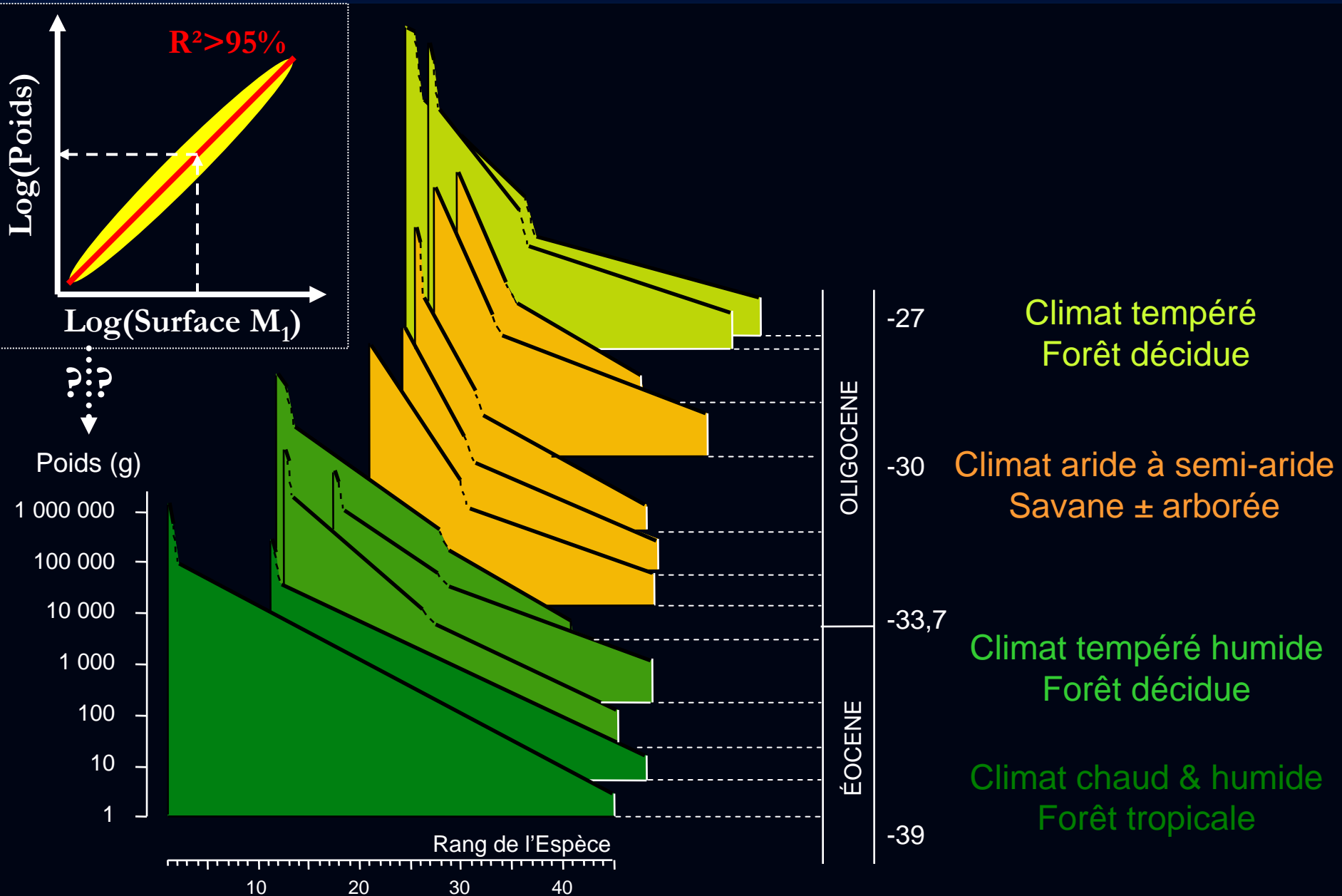


↗ fermeture ⇒ ↘ espèces grandes et très grandes & ↘ gap

↗ humidité ⇒ ↗ nombre d'espèces >5 kg & ↗ gap

↗ température ⇒ ↗ nombre total d'espèces, notamment <500 g

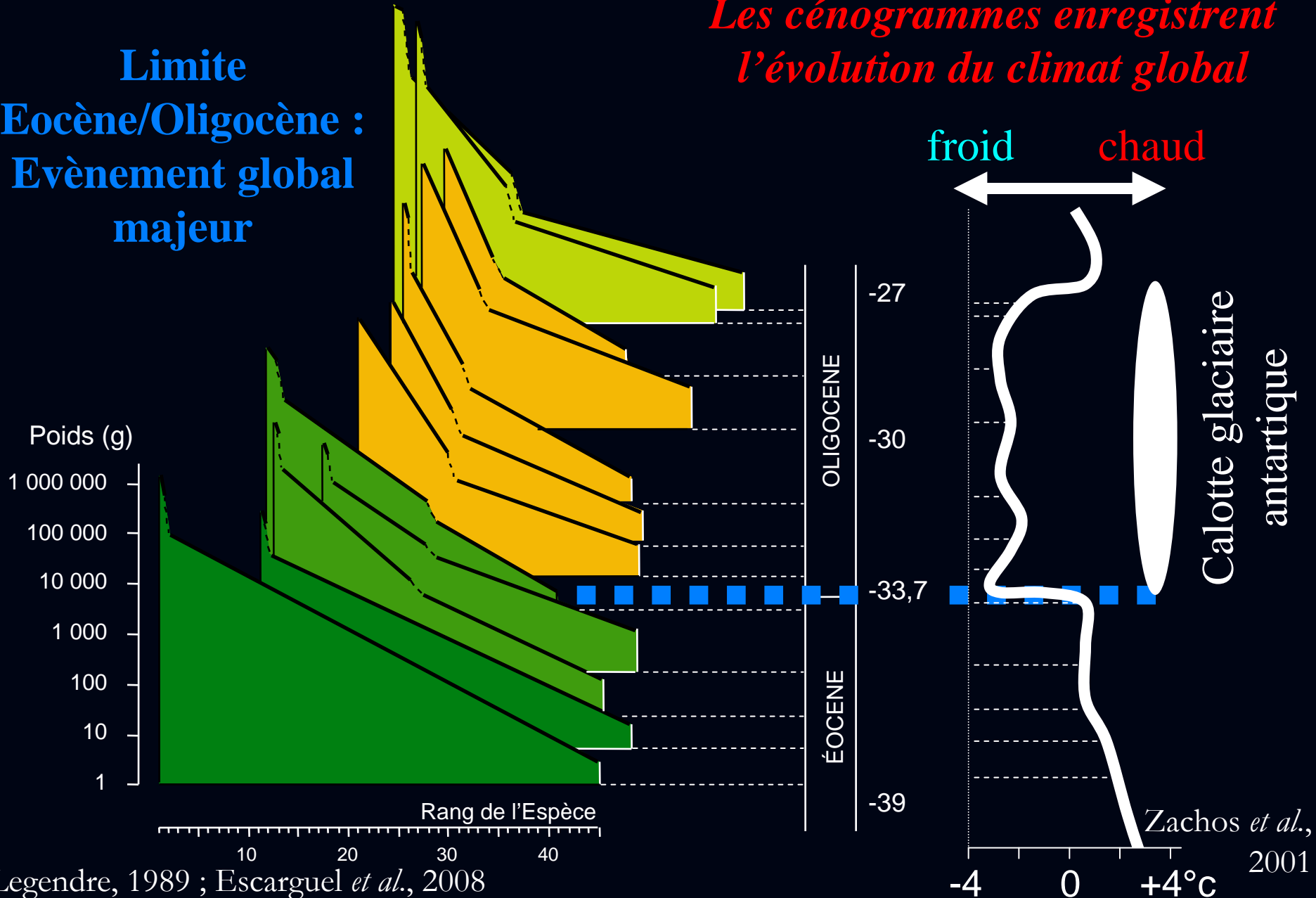
2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...



2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Les cénogrammes enregistrent l'évolution du climat global

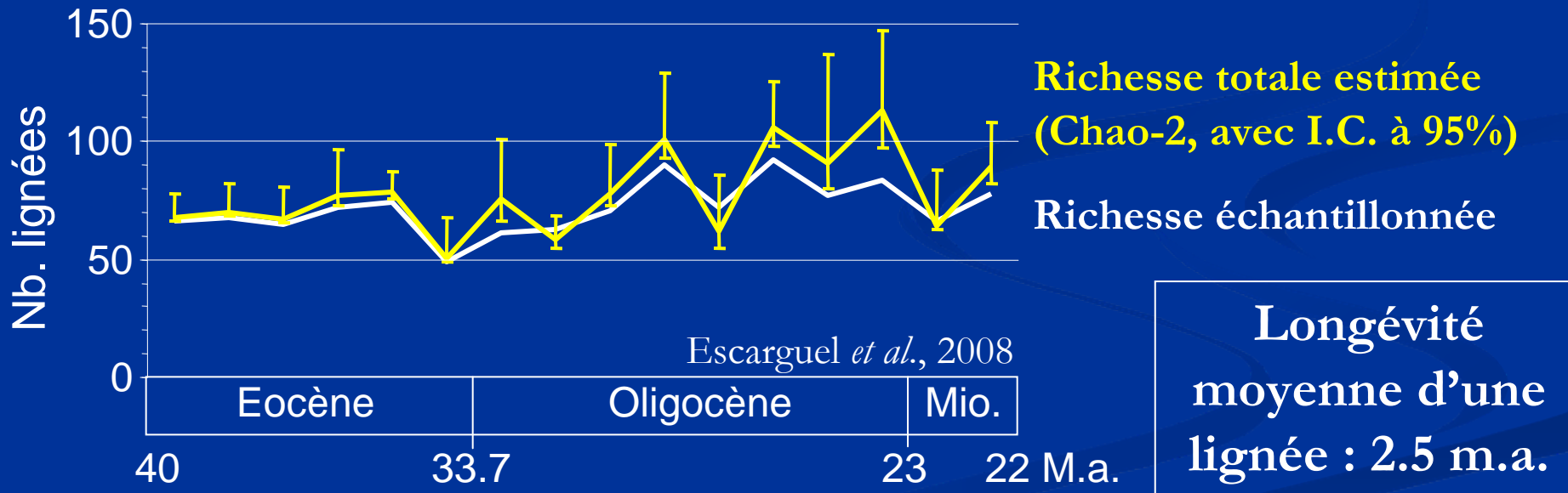
Limite Eocène/Oligocène : Evènement global majeur



2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

BUT : étudier les peuplements de mammifères et leur renouvellement aux échelles locale (quelques km²) et régionale (qq milliers de km²)

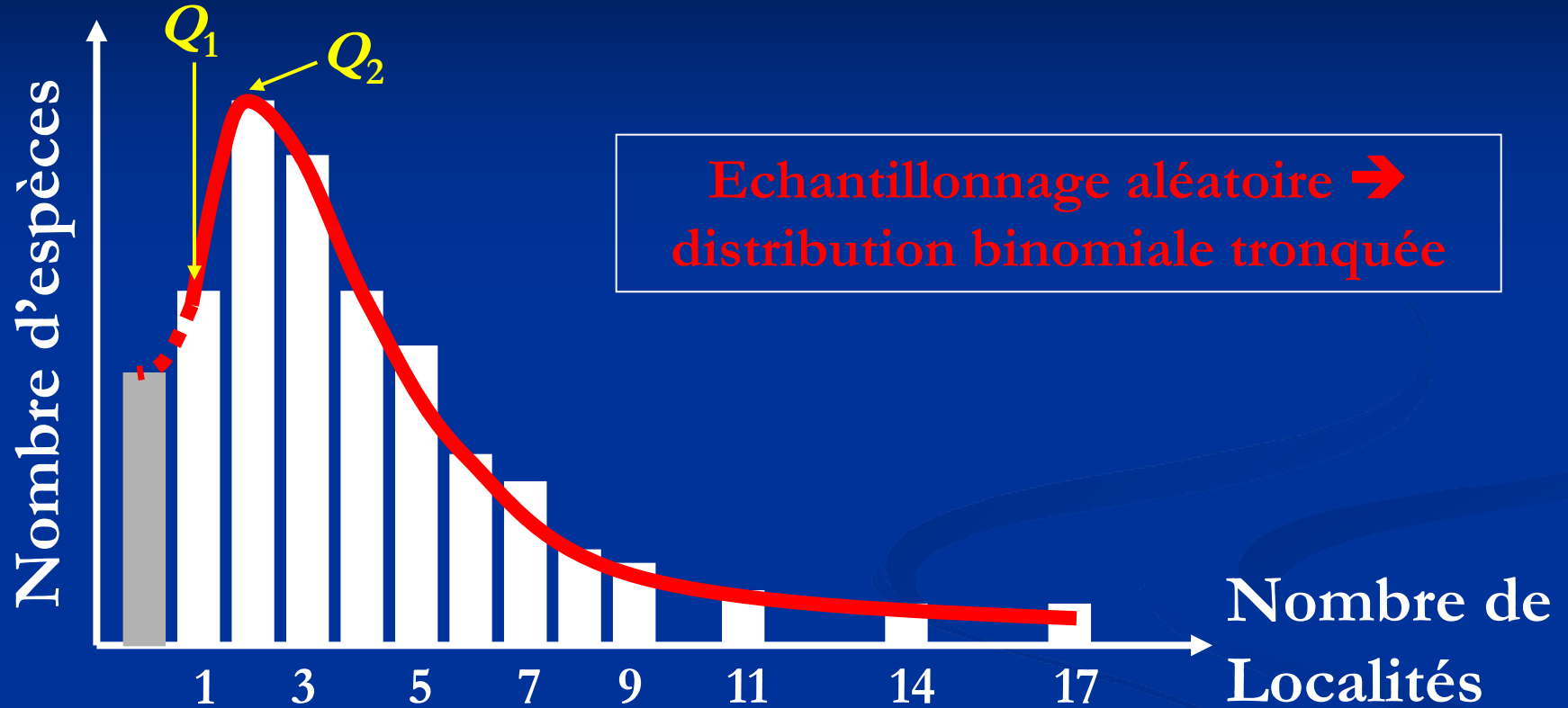
A l'échelle régionale :



Estimer le nombre d'espèces non encore découvertes ???!!!

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

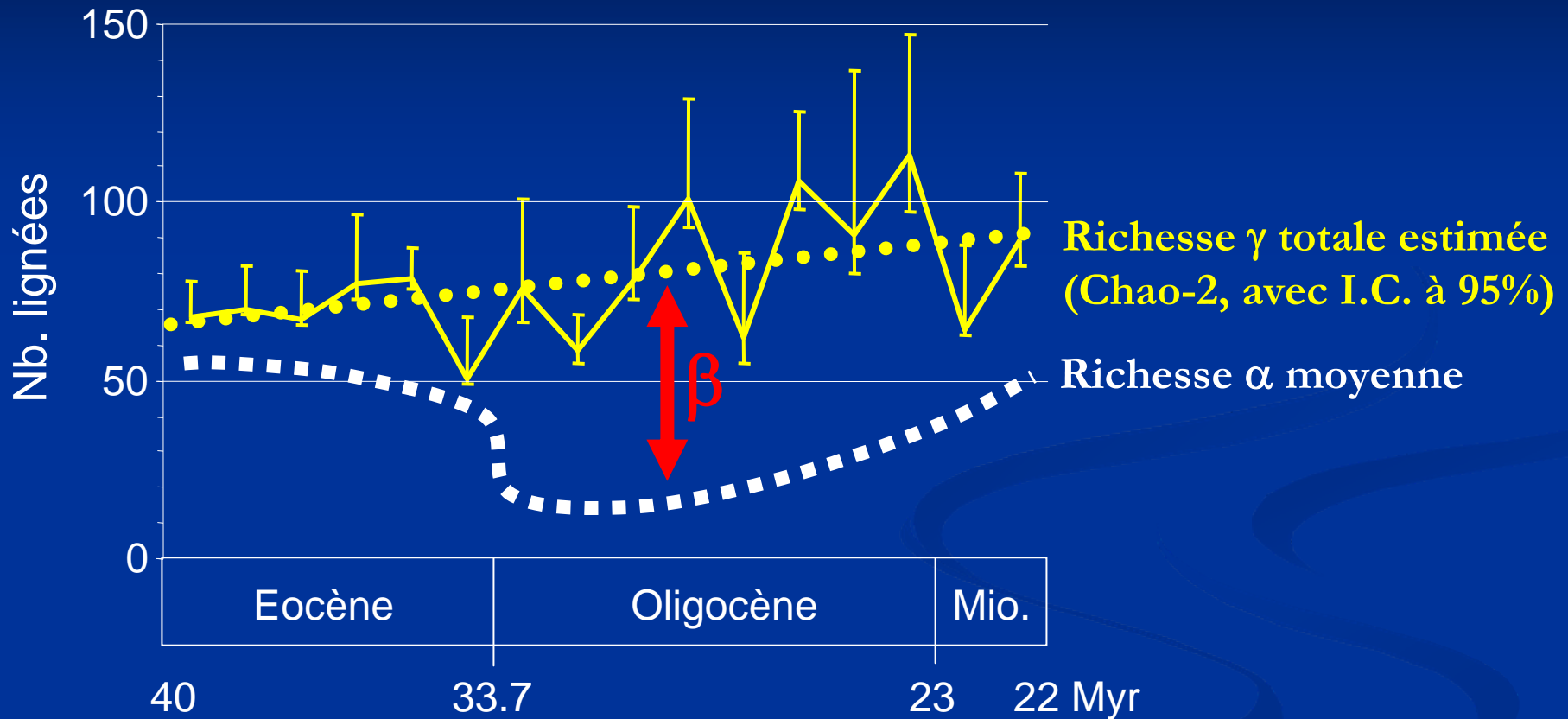
Estimation de la richesse totale à partir de M échantillons



$$\text{Estimateur de Chao - 2 : } N_{est} = N_{obs} + \left(\frac{Q_1^2}{2Q_2} \right)$$

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

Comparaison des richesses α et γ :



↘ Température & ↗ ouverture → ↗ β

2.- Evolution de la Biodiversité régionale au cours du temps...

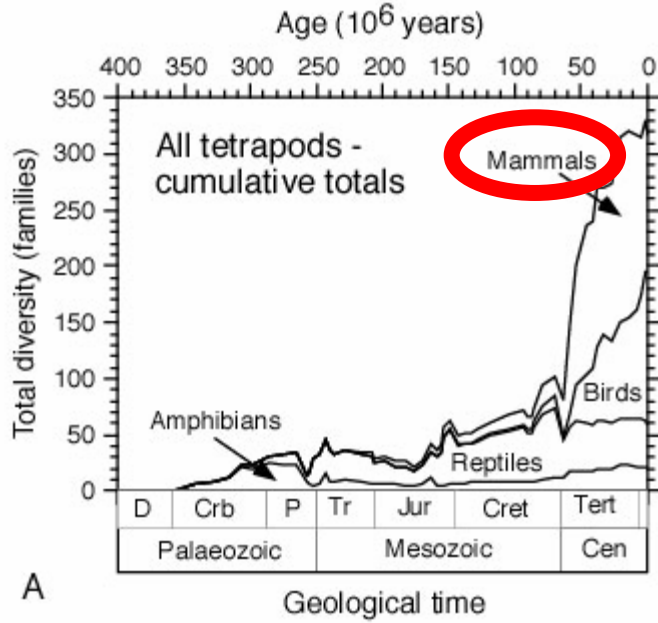
Comparaison des richesses α et γ :

- Au sein d'une région *climatiquement homogène*, la **diversité** (*sensu* **richesse spécifique**) **locale** (α) apparaît directement contrôlée par les fluctuations de l'environnement
 - La **diversité régionale** (γ) ne réagit pas de la même façon (ici, faible dépendance apparente aux fluctuations de l'environnement)
 - Cette différence implique de fortes fluctuations de l'hétérogénéité taxinomique entre localités (**diversité β**)
- Qu'en est-il des autres types de diversité (phylogénétique, phénétique, fonctionnelle...)?
 - **Les différents clades de mammifères réagissent-ils tous de la même façon ?**

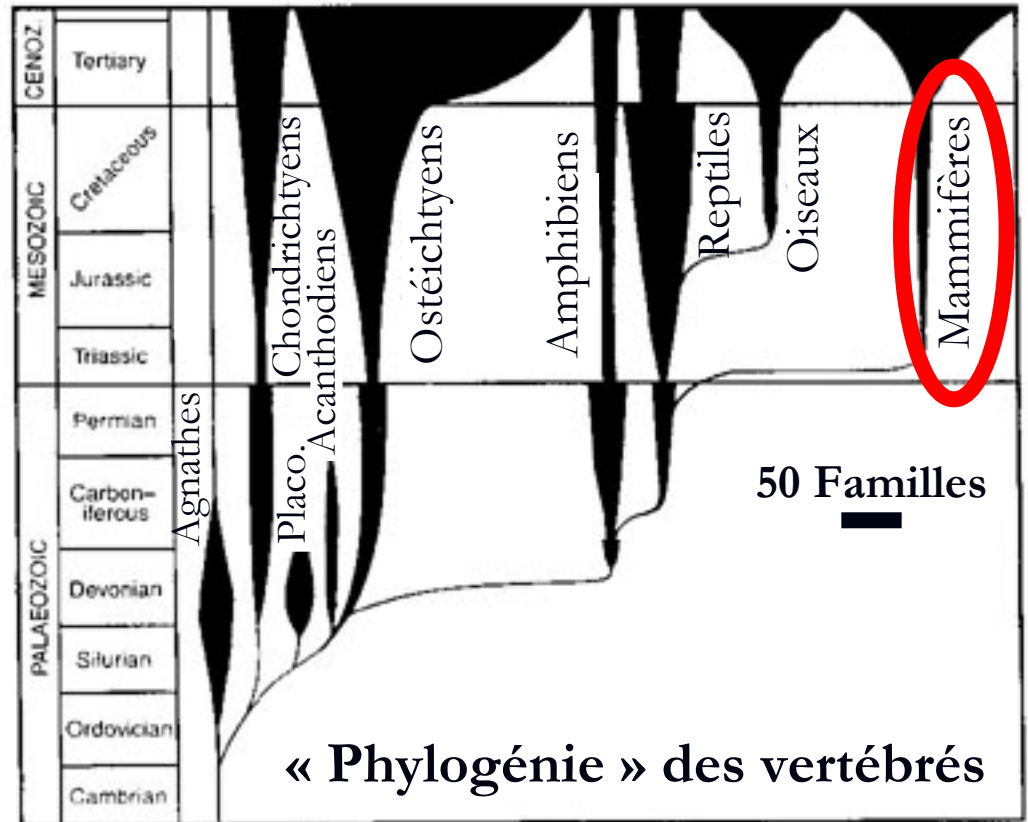
3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Benton, 1993 – The Fossil Record 2

<http://www.fossilrecord.net/fossilrecord/index.html>

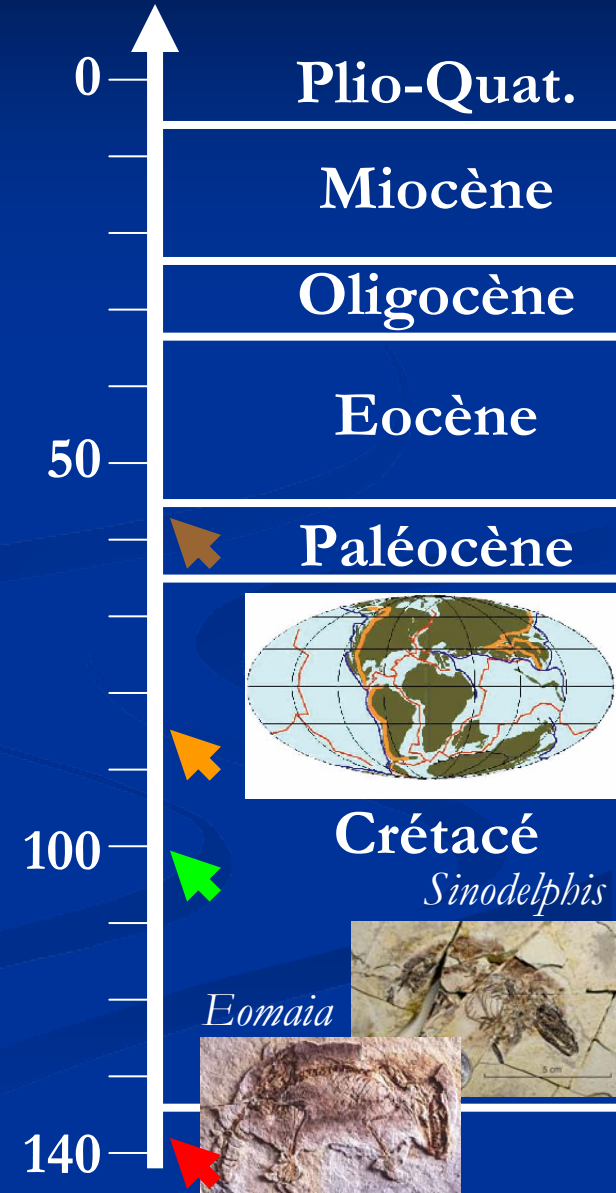
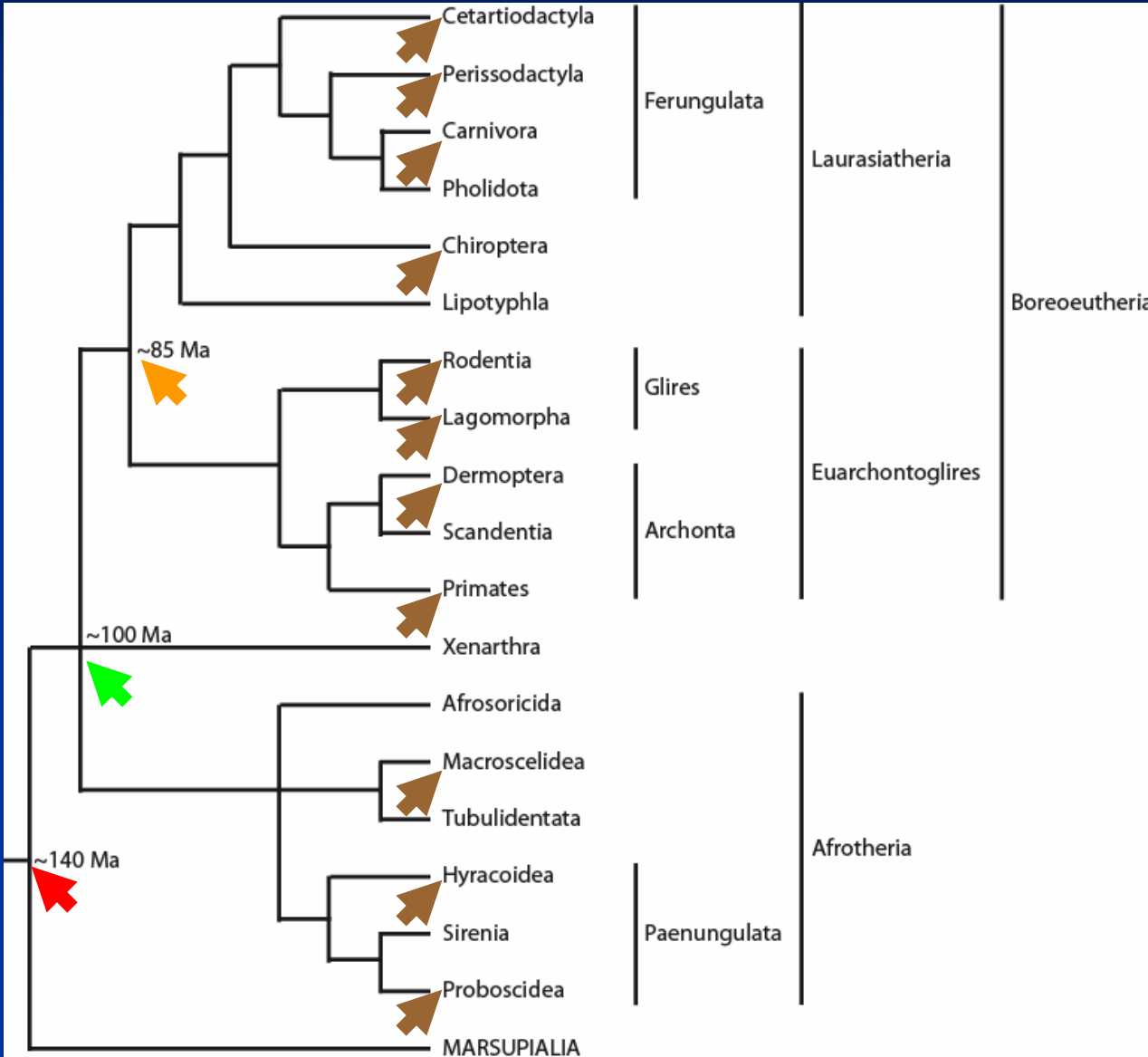


**Diversification
cénozoïque des
Mammifères
placentaires**



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

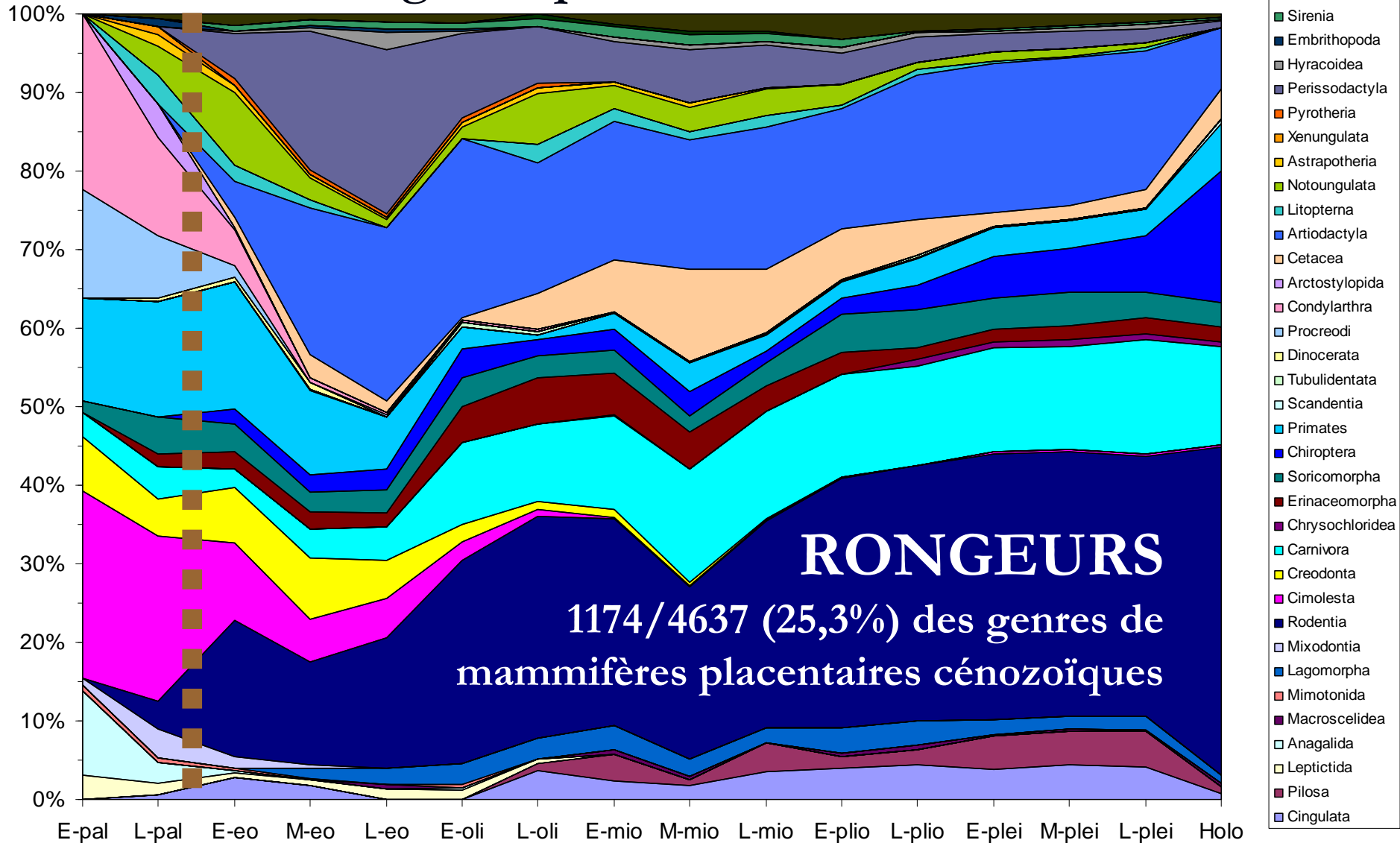
Phylogénie des Mammifères Placentaires



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

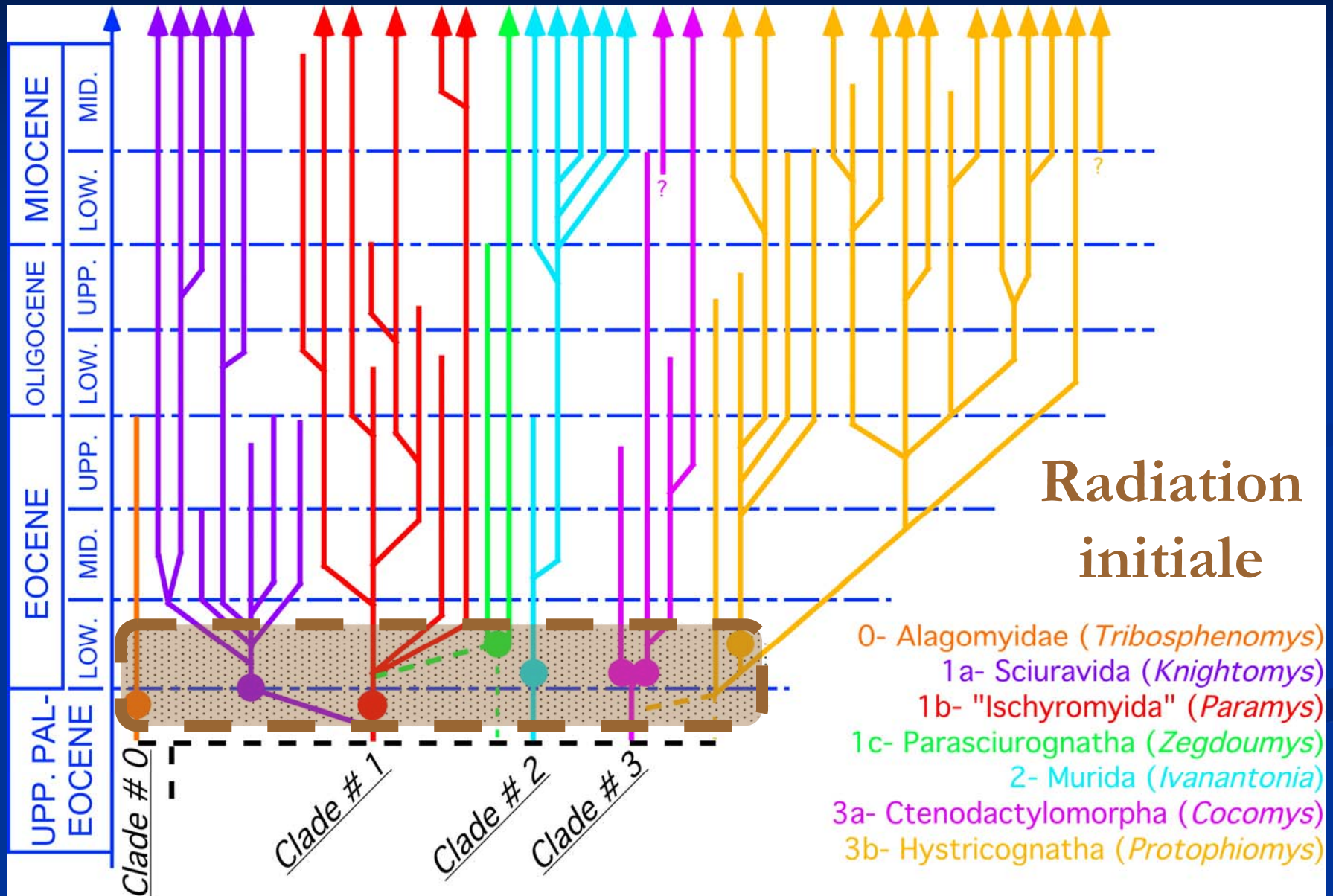
Données McKenna & Bell, 1997

Abondances génériques relatives intra-ordinales



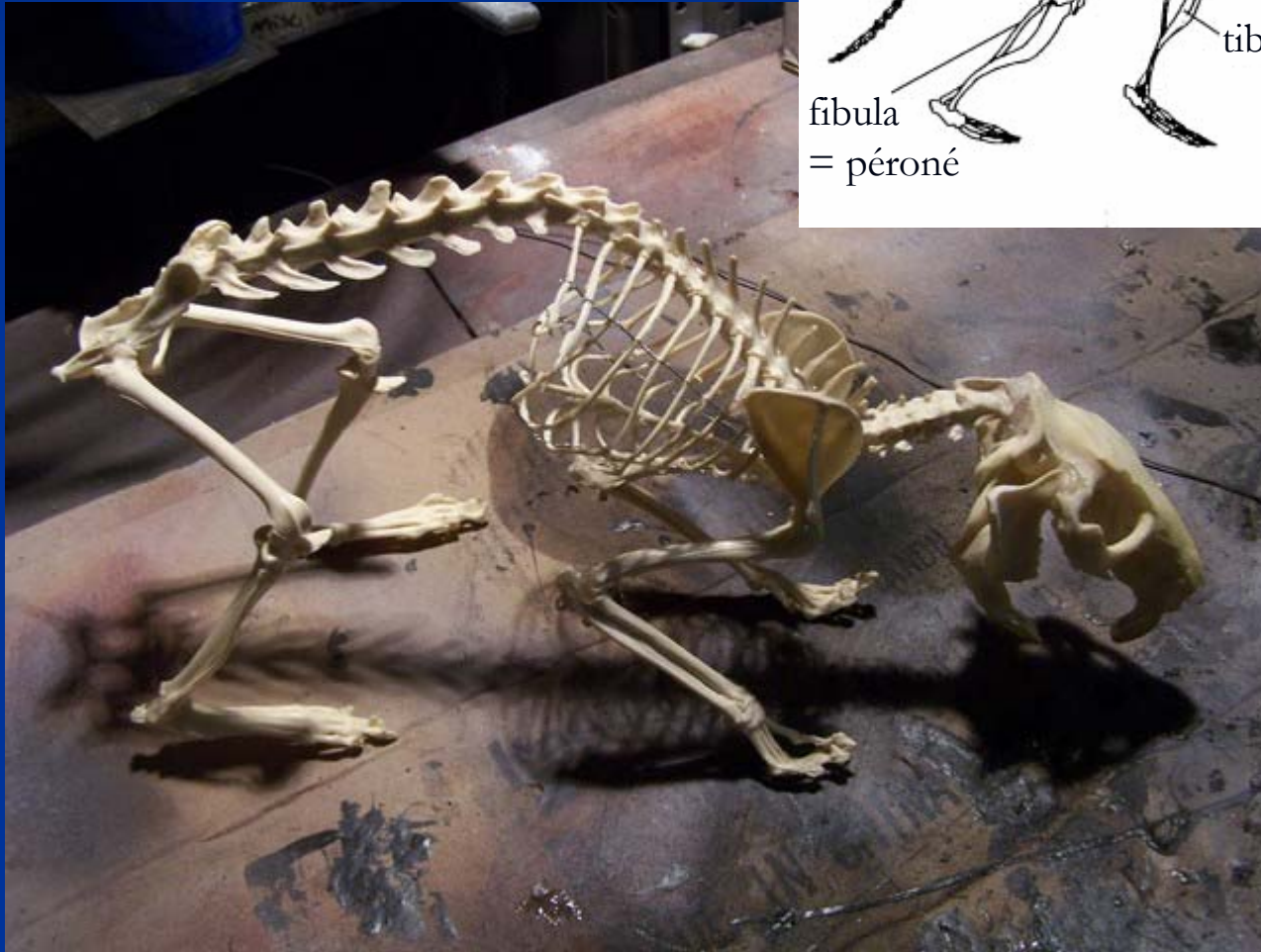
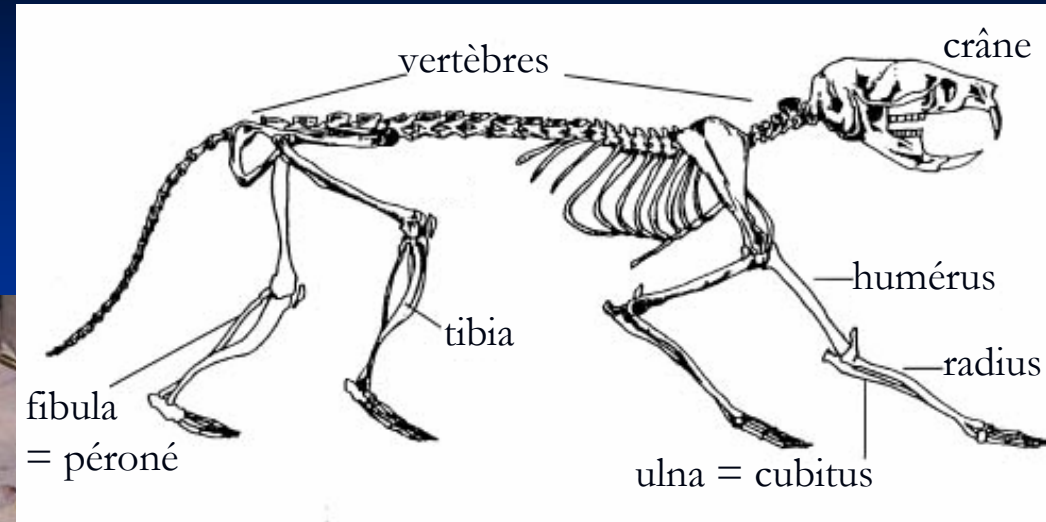
3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Phylogénie familiale des rongeurs (d'après Hartenberger, 1998 modifié)



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

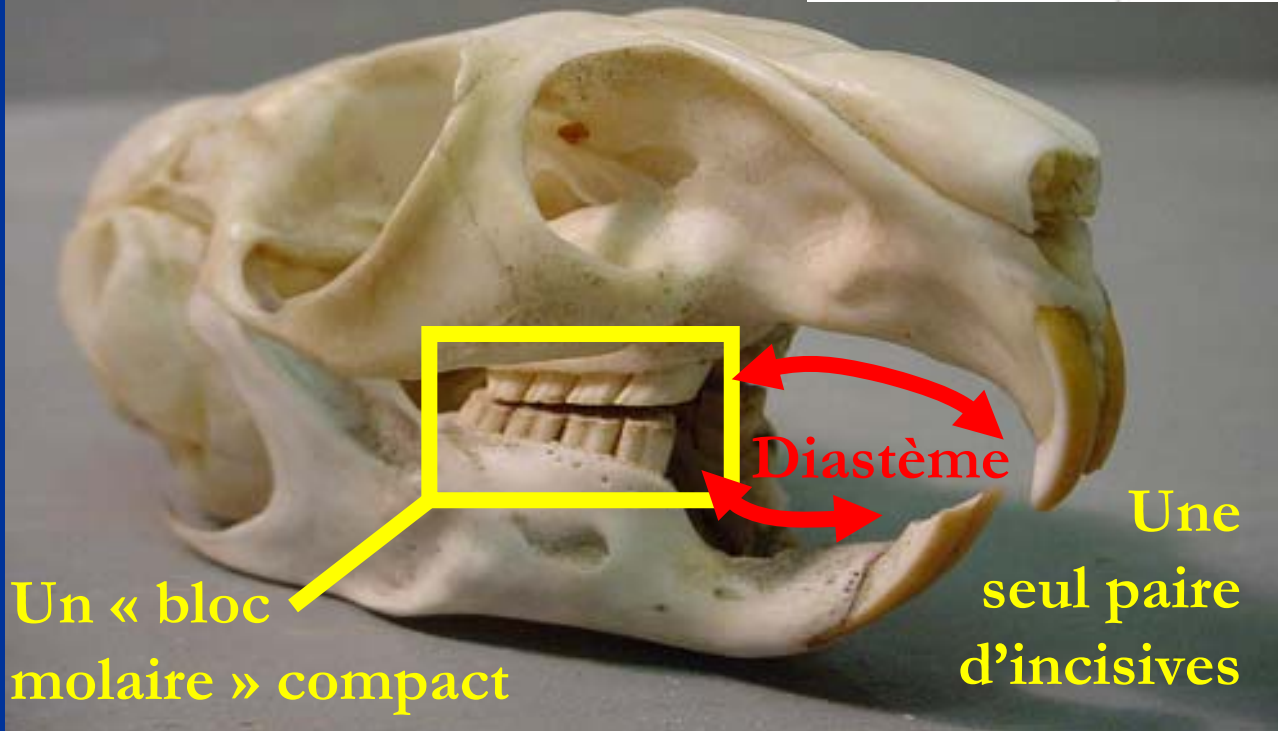
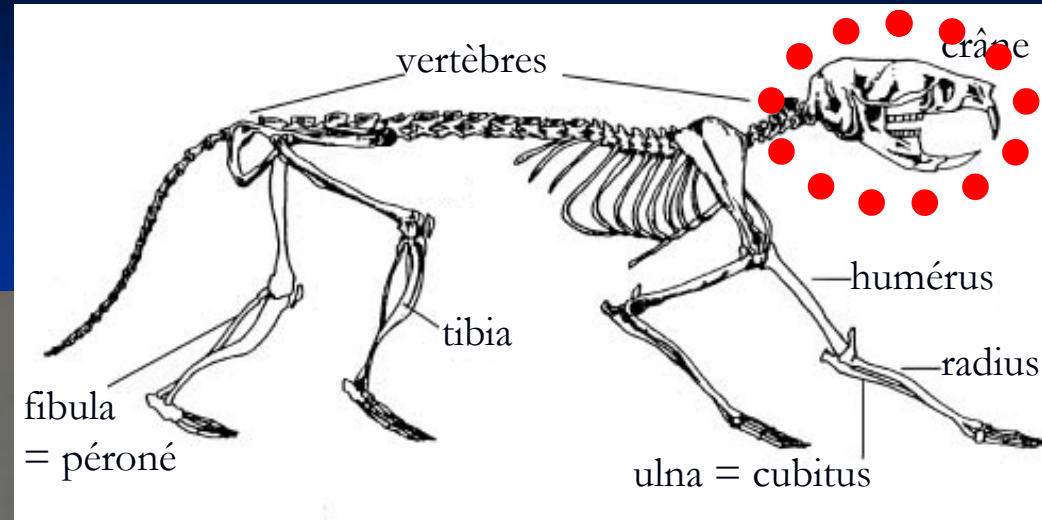
Qu'est-ce qu'un rongeur ?!



*Un placentaire
« généraliste »
au squelette
post-crânien
primitif*

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Qu'est-ce qu'un rongeur ?!

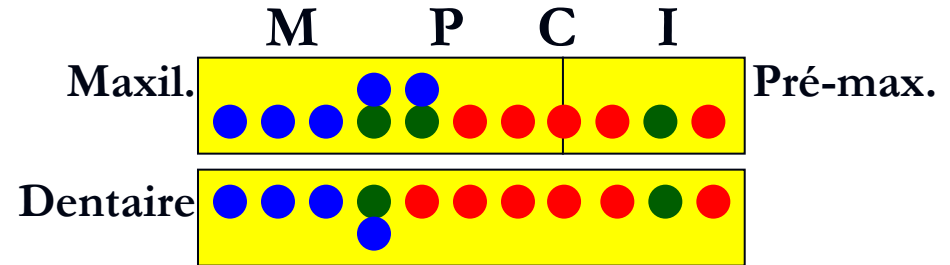


*Un placentaire
au crâne et à
la dentition
hautement
spécialisés*

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

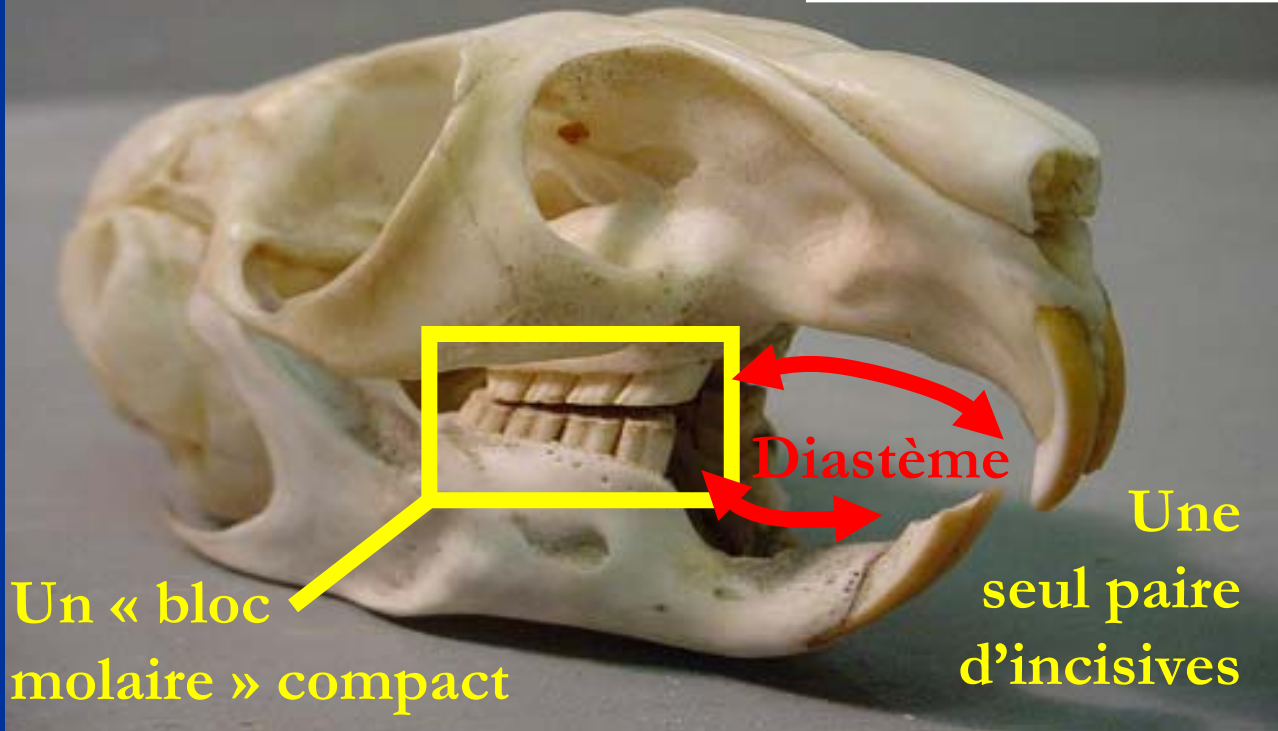
Qu'est-ce qu'un rongeur ?!

Une formule dentaire unique



→ 1/1 I, 0/0 C, 2/1 P, 3/3 M

● Déciduale avortée ● Déciduale ● Définitive



Un placentaire au crâne et à la dentition hautement spécialisés

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Les rongeurs aujourd'hui :

2277 espèces (45% des placentaires) répartis dans 32 familles

Une diversification à tous les niveaux :

- Morphologie crânienne & mandibulaire
- Régime alimentaire & morphologie dentaire
- Mode de déplacement & milieu de vie
- Taille corporelle

Micromys minutus (4g)



Rat des moissons

Hydrochoerus hydrochoeris (70kg)



Capybara

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Morphologie **crânienne** & mandibulaire :



Crâne protrogomorphe (exemple : castor de montagne)

Protrogomorphous condition

infraorbital foramen



12629



superficial masseter



lateral masseter

12629



medial masseter

12629

Orbites



Foramen

infra-orbitaire

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

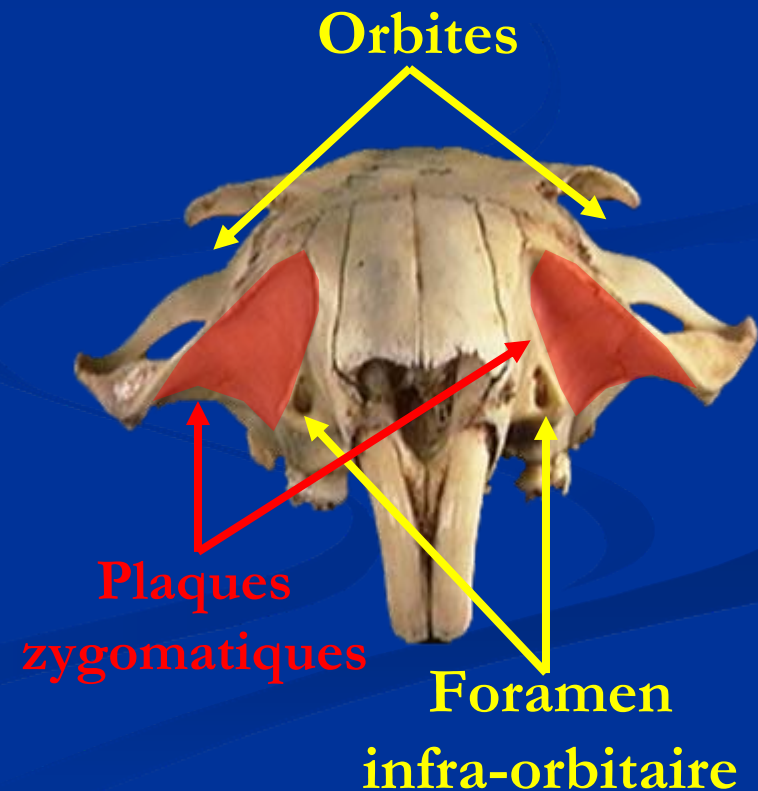
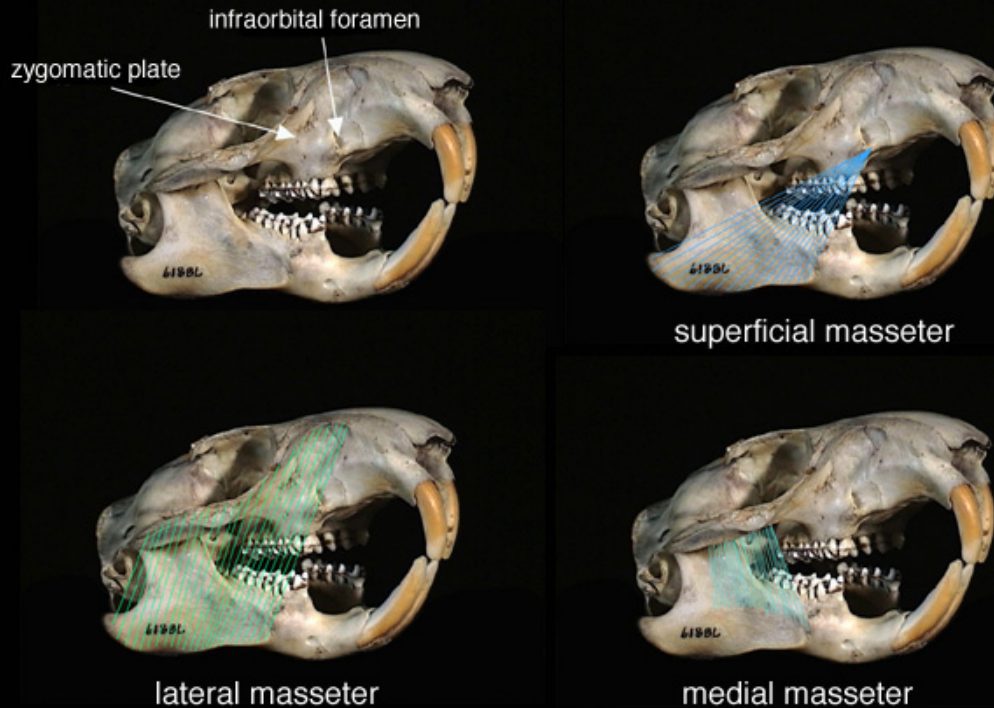
Une diversification à tous les niveaux :

➤ Morphologie **crânienne** & mandibulaire :



Crâne sciuromorphe (exemple : écureuil)

Sciuromorphous condition



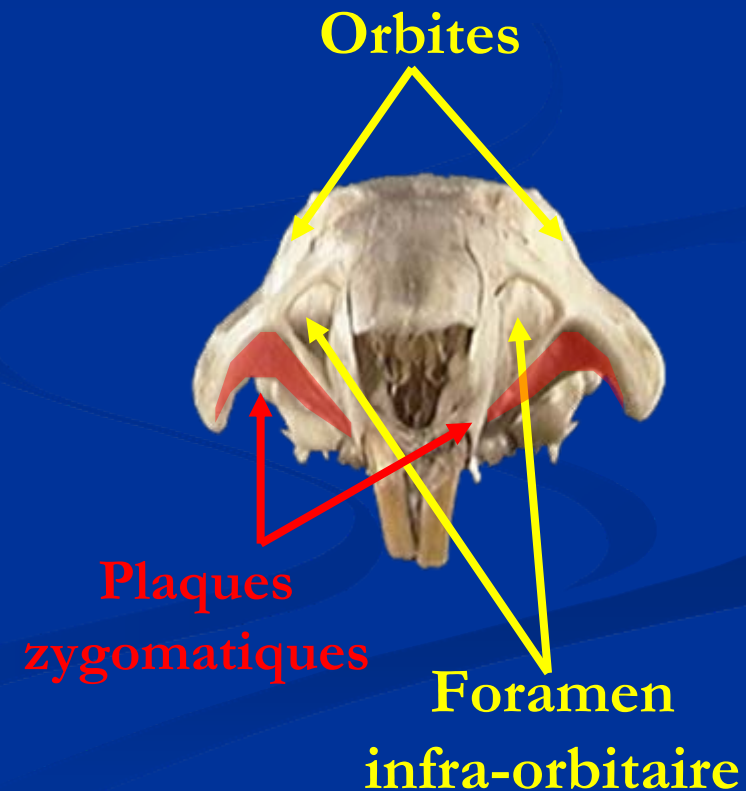
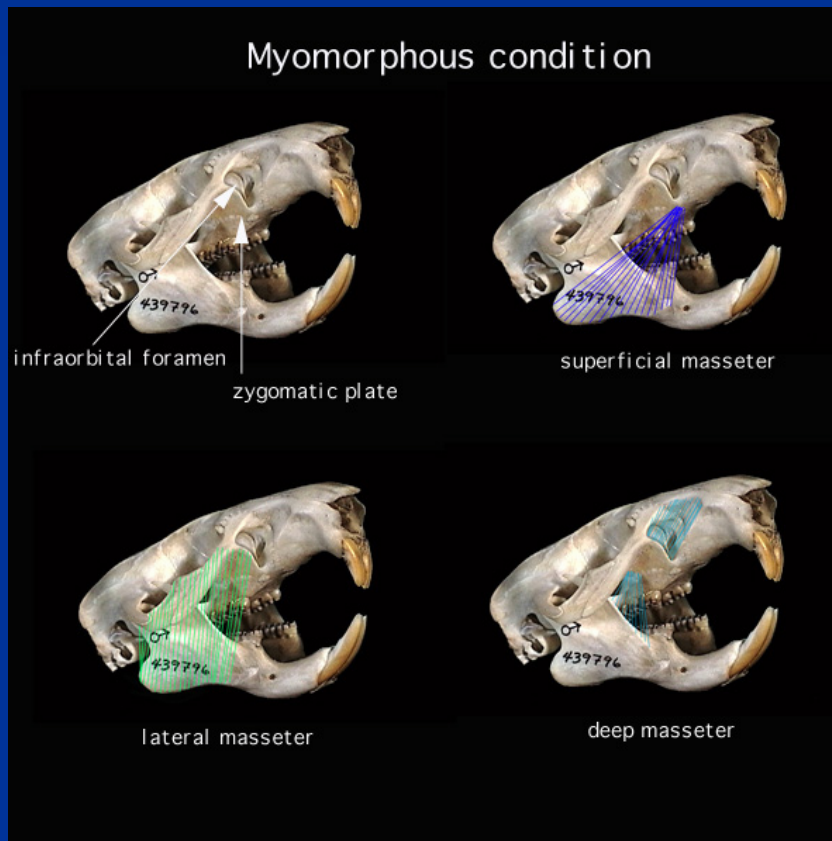
3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Morphologie **crânienne** & mandibulaire :



Crâne myomorphe (exemple : rat et souris)



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

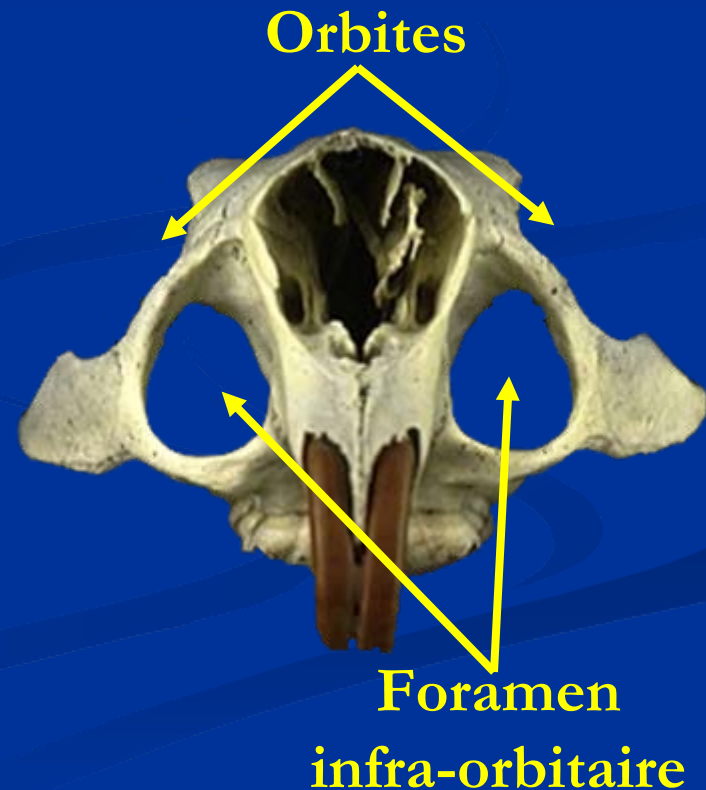
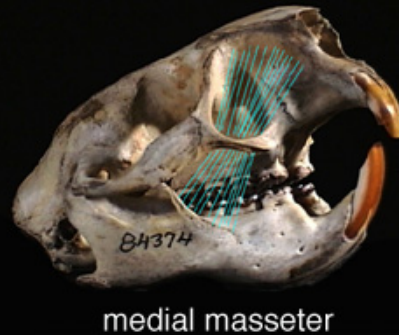
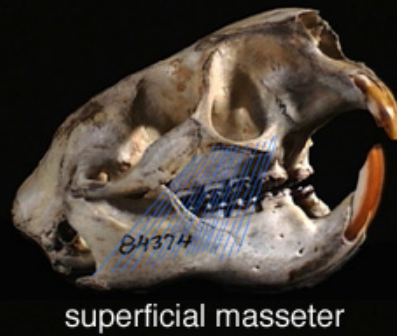
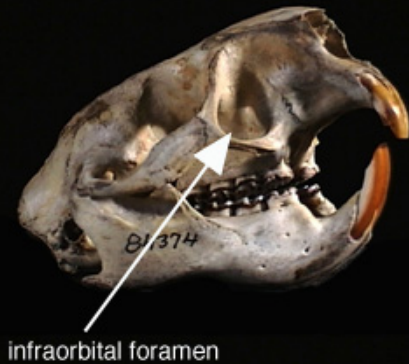
Une diversification à tous les niveaux :



➤ Morphologie **crânienne** & mandibulaire :

Crâne hystricomorphe (exemple : cochon d'inde)

Hystricomorphous condition



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

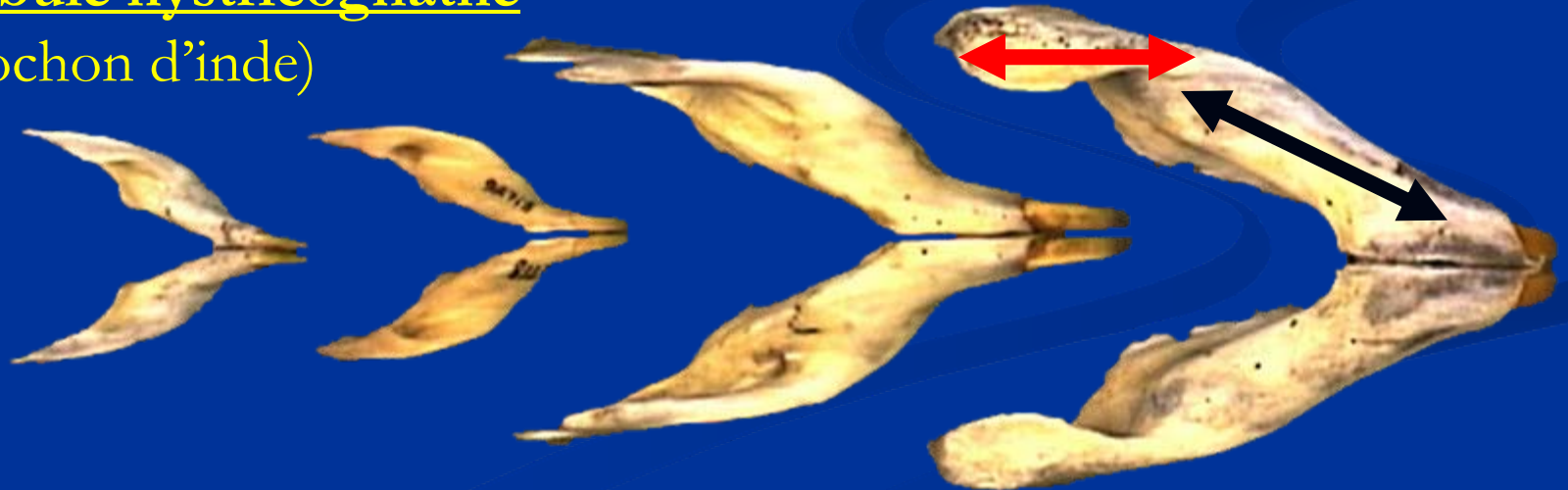
Une diversification à tous les niveaux :

➤ Morphologie crânienne & mandibulaire :

Mandibule sciurognathe (ex. : écureuil)



Mandibule hystricognathe
(ex. : cochon d'inde)



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Morphologie crânienne & mandibulaire :

Aplodontidae



Sciuridae



Gliridae



Murida



Ctenodactylomorpha



Phiomorpha



Caviomorpha



sciuromorphie



myomorphie



hystricognathie



hystricomorphie



*protrogomorphie
& sciurognathie*



RODENTIA



3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Régime alimentaire & morphologie dentaire :

Granivore



Dipodomys spp.
(Dipodidae)

Frugivore



Rattus rattus
(Muridae)

Folivores



Chinchilla brevicauda
(Chinchillidae)

Herbivores



Hydrochoerus hydrochoeris
(Caviidae)

Insectivore



Onychomys leucogaster
(Sigmodontinae)

Carnivore



Hydromys chrysogaster
(Muridae)

Omnivore



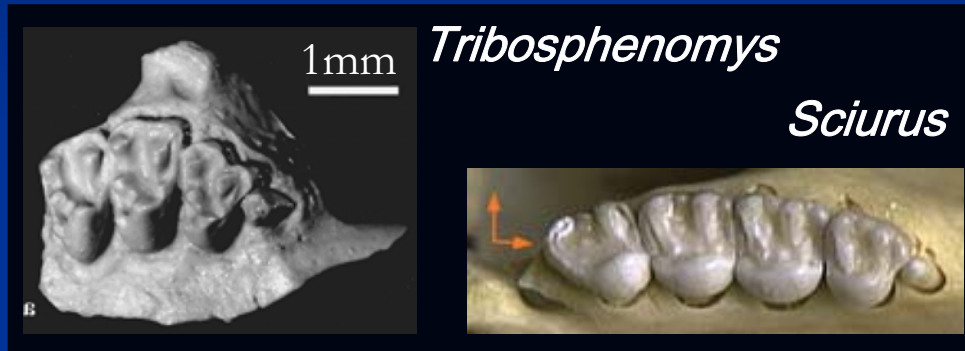
Sciurus vulgaris
(Sciuridae)

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Régime alimentaire & morphologie dentaire :

Bunodonte



**Buno-
lophodonte**



Lophodonte



Lophodonte hypsodonte

Loxodonte



Etc.!!!...

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Mode de déplacement & Milieu de vie :

Sciurus variegatoides
(Sciuridae)



Myocastor coypus
(Echimyidae)



Jaculus jaculus
(Dipodidae)



Heterocephalus glaber
(Bathyergidae)



Petaurista spp.
(Pteromyini)



Spermophilus beecheyi
(Marmotini)

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

Une diversification à tous les niveaux :

➤ Taille corporelle :

Micromys minutus



4 g

Hydrochoerus hydrochoeris



70 kg

1:17.500



600 kg

1:170.000

~1T

1:250.000

Caviomorphes
(Amérique du Sud)

Phoberomys pattersoni

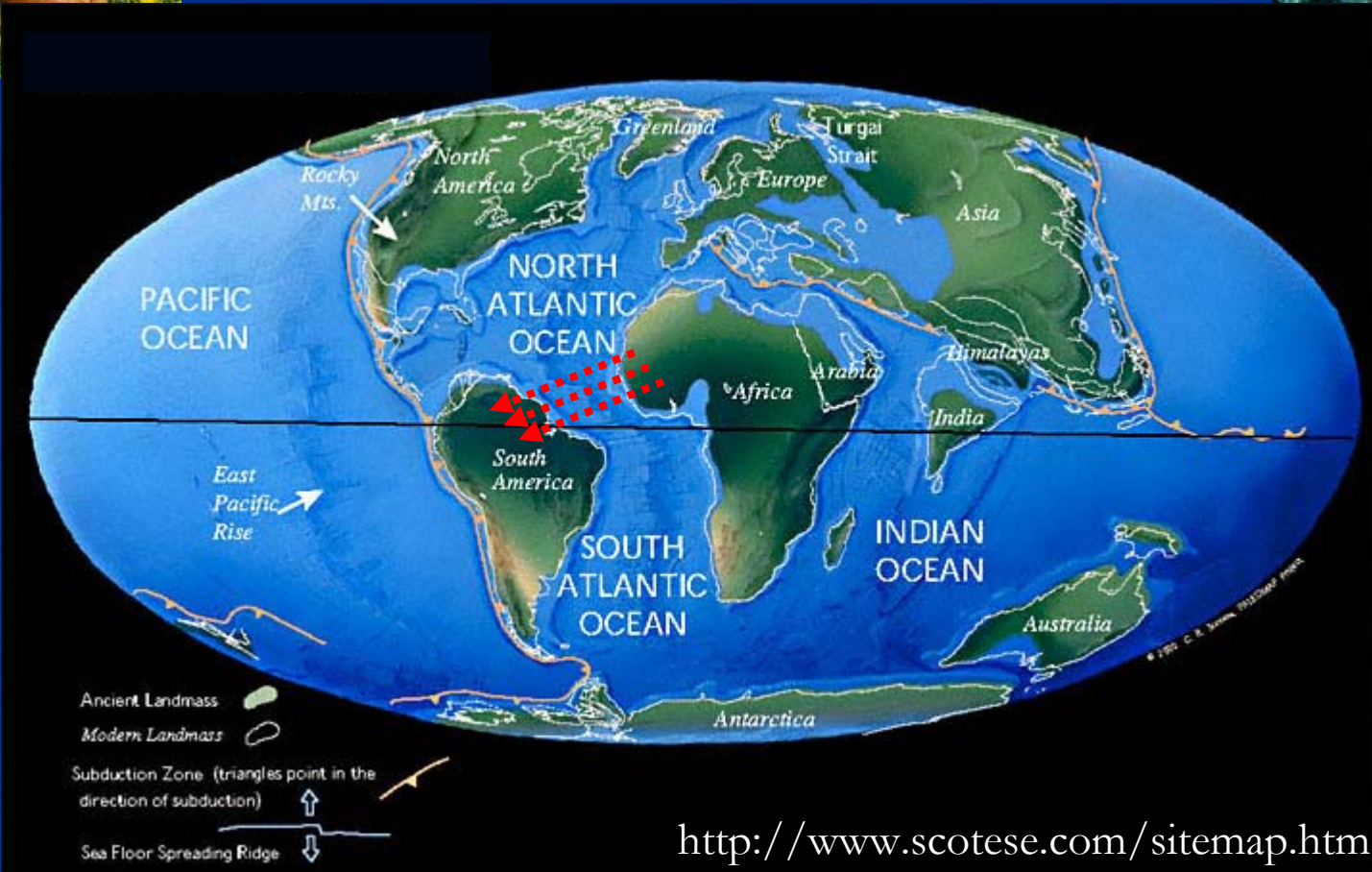


Josephoartigasia monesi

3.- Diversification d'un clade au cours du temps...

L'histoire étonnante des Caviomorphes !!!

Les rongeurs et primates sud-américains dérivent d'espèces africaines, il y a ~35 M.a.



Arrivés par radeau(x) trans-atlantique ???



Allactaga bullata (Dipodidae) :
Gerbille du Désert de Gobi,
menacée d'extinction



Merci!

Où trouver quoi?!...

Jeu de données :

- Jeu de données « métazoaires marins phanérozoïques » (niveau générique ; Sepkoski, 2002) : librement accessible à <http://strata.geology.wisc.edu/jack/>
- Jeu de données phanérozoïque (niveau familial ; Benton, 1993) : librement accessible à <http://www.fossilrecord.net/fossilrecord/index.html>
- Jeu de données « mammifères mésozoïques & cénozoïques » (niveau générique ; McKenna & Bell, 1997) : disponible sur demande à : [Gilles.escarguel \(at \) univ-lyon1.fr](mailto:Gilles.escarguel@univ-lyon1.fr)
- Jeu de données « mammifères paléogènes du Quercy » (niveau spécifique ; Escarguel & Legendre, 2006 ; Legendre *et al.*, 2006 ; Escarguel *et al.*, 2008) : disponible sur demande à : [Gilles.escarguel \(at \) univ-lyon1.fr](mailto:Gilles.escarguel@univ-lyon1.fr)

Sites (très) utiles :

- Phylogénies du monde vivant : <http://tolweb.org/tree/>
- Illustrations du monde animal : <http://animaldiversity.ummz.umich.edu>
- Inventaires des Mammifères actuels : <http://www.bucknell.edu/msw3/>
- Caractéristiques & causes des principales crises d'extinction massives :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Extinction_massive
<http://park.org/Canada/Museum/extinction/extincmenu.html>

Références citées :

- Alroy J. *et al.* (2008). Phanerozoic trends in the global diversity of marine invertebrates. *Science*, **321**: 97-100.
- Benton M.J. (1993). *The Fossil Record 2*. Chapman & Hall, London: 864 p.
- Berner R.A. (1998). The carbon cycle and CO₂ over Phanerozoic time: the role of land plants. *Philosophical Transaction of the Royal Society, London, B*, **353**: 75-82.
- Courtilot V.E. & Renne P.R. (2003). On the ages of flood basalt events. *Compte-Rendu Geoscience*, **335**: 113-140.
- Duranthon F. & Ripoll F. (2006). Documents photographiques inédits d'Eugène Trutat sur l'exploitation des phosphorites du Quercy. *Strata*, sér. 1, **13**: 37-49.
- Erwin D.H., Valentine J.W. & Sepkoski J.J. Jr. (1987). A comparative study of diversification events: the early Paleozoic vs. the Mesozoic. *Evolution*, **37**: 1177-1186.
- Escarguel G. & Legendre S. (2006). New methods for analysing deep-time meta-community dynamics and their application to the Paleogene mammals from the Quercy and Limagne area (Massif Central, France). *Strata*, sér. 1, **13**: 245-273.
- Escarguel G., Legendre S. & Sigé B. (2008). Unearthing deep-time biodiversity changes: The Palaeogene mammalian metacommunity of the Quercy and Limagne area (Massif Central, France). *Compte-Rendu Geoscience*, **340**: 602-614.
- Foote M. (2000). Origination and extinction components of taxonomic diversity: Paleozoic and post-Paleozoic dynamics. *Paleobiology*, **26**: 578-605.
- Hallam A. (1984). Pre-Quaternary sea-level changes. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, **12**: 205-243.
- Hallam A. (1989). The case for sea-level change as a dominant causal factor in mass extinction of marine invertebrates. *Philosophical Transaction of the Royal Society, London, B*, **325**: 437-455.
- Hartenberger J.-L. (1998). Description de la radiation des Rodentia (Mammalia) du Paléocène supérieur au Miocène; incidences phylogénétiques. *Compte-Rendu à l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Terre et des Planètes*, **326**: 439-444.
- Legendre S. (1986). Analysis of mammalian communities from the Late Eocene and Oligocene of southern France. *Palaeovertebrata*, **16**: 191-212.
- Legendre S. (1989). Les communautés de mammifères du Paléogène (Eocène supérieur et Oligocène) d'Europe occidentale : structures, milieux et évolution. *Münchner Geowiss. Abh., A* **16**: 1-110.
- McKenna M.C. & Bell S.K. (1997). *Classification of Mammals above the Species level*. Columbia University Press, New York: 931 p.
- Sepkoski J.J. Jr. (2002). A compendium of fossil marine animal genera. *Bulletins of American Paleontology*, **363**: 563 p.
- Whittaker R.H. (1977). Evolution of species diversity in land communities. *In*: Hecht M.K., Steere W.C. & Wallace B. (édits.), *Evolutionary Biology*, **10**: 1-67.
- Wignall P.B. (2001). Large igneous provinces and mass extinctions. *Earth-Science Reviews*, **53**: 1-33.
- Zachos J. *et al.* (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, **292**: 686-693.