

Le message des fossiles : témoignages sur l'évolution du vivant

Par

Armand de Ricqlès

Chaire de Biologie historique et Evolutionnisme,

Collège de France

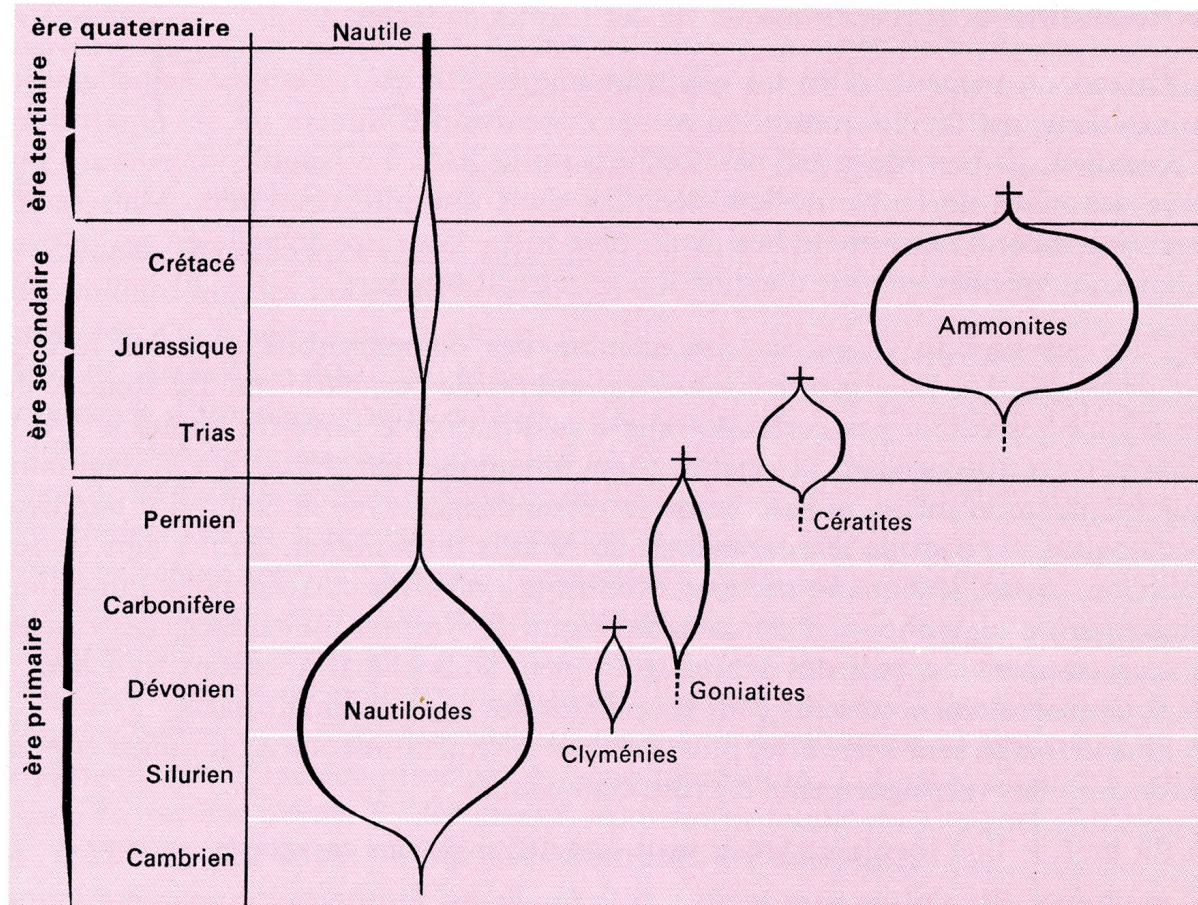
UMR CNRS 7179, UPMC P6

Introduction : Les données paléontologiques comme « preuves » de l'Evolution

- 1 - La paléontologie: l'une des « preuves classiques » de l'Evolution
- 2 - preuve tout particulièrement convaincante pour le public
- 3 - Ouvre un « fenêtre » sur l'histoire concrète des être vivants au cours des ères géologiques
- 4 - Formalisée dans l'enseignement officiel : programmes et manuels

1 - L'une des « preuves classiques » de l'Evolution

ex. évolution des céphalopodes (d'après un manuel de Première)



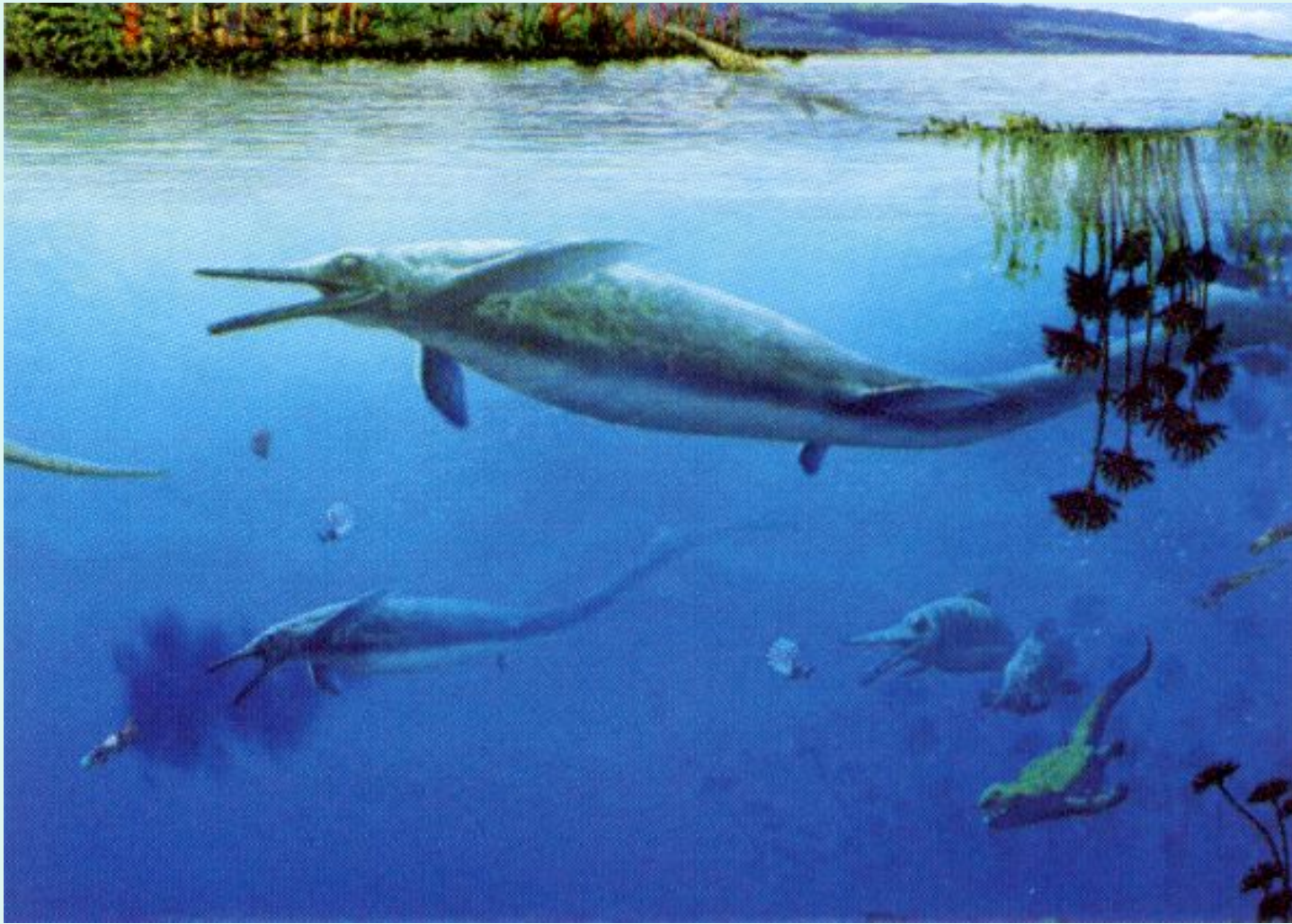
24 Évolution des Nautiloïdes et des Ammonoïdés. Verticalement : les temps géologiques ; horizontalement : l'importance de chacun des 4 groupes. On remarque que chacun d'eux passe, après une apparition discrète, par une phase d'épanouissement, puis décline progressivement. Le déclin est généralement suivi de l'extinction complète, sauf pour le groupe des Nautiloïdes qui conserve dans la faune actuelle un représentant. Notez aussi le **relais** des groupes, notamment des Ammonoïdés : le déclin des Clyménies correspond à l'épanouissement des Goniatites, elles-mêmes relayées par les Cératites qui s'effacent devant les Ammonites (dont l'apparition et l'extinction sont très brutales).

2 - Des preuves tout particulièrement convaincantes pour le public

(ex. gisement de dinosaures, Jurassique inf., Maroc)



3 - Ouvre un « fenêtre » sur l'histoire concrète des êtres vivants au cours des ères géologiques
ex. Reconstitution d'un écosystème marin du Trias: ichthyosaures primitifs, céphalopodes, placodontes et crinoïdes sous bois flottés



4 - Formalisée dans l'enseignement officiel: programmes et manuels

ex. extrait d'un manuel de « Sciences expérimentales » (Terminale),
années 1940

VI. — ÉVOLUTION DES ÊTRES VIVANTS

INTRODUCTION. FIXISME ET TRANSFORMISME

En utilisant les *critères morphologique, physiologique et de fécondité* (p. 13), nous avons défini la notion d'**espèce**, qui est à la base de la *Systématique*. Les études de Génétique nous ont montré à la fois la fixité et la variabilité des espèces. Ainsi se pose le *problème de l'origine et de l'évolution des espèces, c'est-à-dire des êtres vivants*.

Le Fixisme. — Cuvier (1769-1832) et Linné (1707-1778) admettaient la **fixité** des espèces et leur **indépendance** entre elles : *Nous comptons aujourd'hui, disait Linné, autant d'espèces que la nature en a créés à l'origine.*

Chaque espèce serait le résultat d'un acte de création spécial, elle resterait **immuable** et ne subirait **aucun changement** à travers les **générations successives**. Cette théorie est le **fixisme**.

Cependant, frappé par la *succession et le renouvellement des faunes*, ainsi que par le perfectionnement graduel des êtres vivants depuis les ères géologiques les plus anciennes jusqu'aux plus récentes, Cuvier imagina la **théorie des révolutions du globe** pour expliquer le renouvellement périodique de la faune. A la fin de chaque période géologique, un **cataclysme** aurait anéanti les êtres vivants dans certaines régions, puis, au début de la période suivante, *la faune se serait renouvelée, soit par des migrations d'animaux venant brusquement d'autres régions, soit par des créations nouvelles.*

C'est ainsi que d'Orbigny admettait la succession de vingt-sept époques géologiques correspondant chacune à un renouvellement de la faune.

La **théorie du fixisme** ne repose sur **aucune preuve scientifique**; les révolutions du globe n'ont pas existé, les phénomènes géologiques ont une action *lente, graduelle et continue.*

et cependant...

un Paradoxe historique :

- 1 - Une science d'origine fixiste
- 2 - Des résultats toujours contestés

Un Paradoxe historique :

1 - une science d'origine fixiste

- **Cuvier et les « révolutions du globe »**: les faunes successives *caractérisent* des époques distinctes et successives de l'histoire de la terre et de la vie, séparées par de grandes catastrophes. Pas de continuité du vivant (Créations successives?)
- **Alcide d'Orbigny et la paléontologie stratigraphique** : En précisant et en affinant la méthode de Cuvier, Conybeare définit le *Carbonifère* et Brongniart le *Jurassique* (1822); d'Orbigny définit 27 Etages (1827) et Phillips distingue *Paléo- Méso- et Cénozoïques*(1860). **Grande utilité pratique**
Le concept général de *Biostratigraphie* est formalisé par L. Dollo, (1909).

Un Paradoxe historique :

2 - Des résultats toujours contestés

Par des « néo-créationnismes » contemporains très variés:

« *flat earthers* »,

géocentristes,

partisans de la « terre récente »,

partisans de la « terre ancienne »,

partisans du « dessein intelligent »,

Partisans de la « *creation science* », etc., etc.

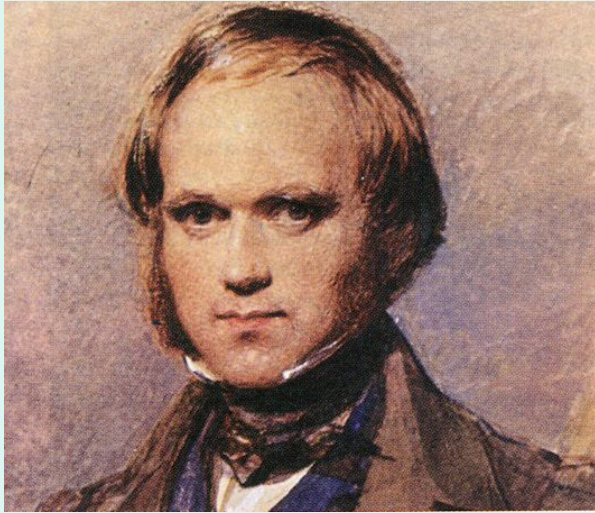
Cf. L'Atlas de la Création (Yaiah 2007..., etc)

Problématique:

« *Les fossiles ne disent rien, c'est nous qui racontons* »

Pour un approfondissement épistémologique
nécessaire à un *enseignement convainquant* de la
paléontologie évolutionniste

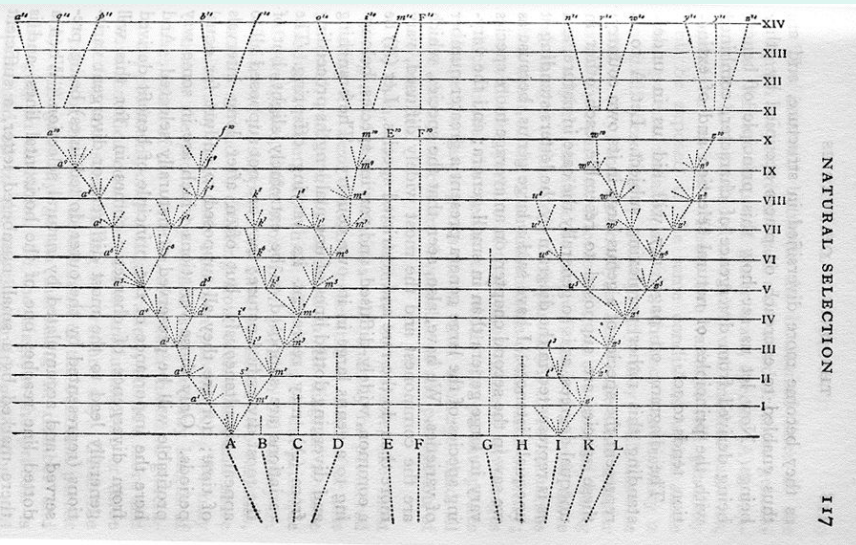
La paléontologie évolutionniste: Contraintes, limites et difficultés de la méthode (cf. Darwin)



Chapter Ten

ON THE IMPERFECTION OF THE GEOLOGICAL RECORD

On the absence of intermediate varieties at the present day—On the nature of extinct intermediate varieties; on their number—On the lapse of time, as inferred from the rate of denudation and of deposition—On the lapse of time as estimated by years—On the poorness of our palæontological collections—On the intermittence of geological formations—On the denudation of granitic areas—On the absence of intermediate varieties in any one formation—On the sudden appearance of groups of species—On their sudden appearance in the lowest known fossiliferous strata—Antiquity of the habitable earth.



Chapter Eleven

ON THE GEOLOGICAL SUCCESSION OF ORGANIC BEINGS

On the slow and successive appearance of new species—On their different rates of change—Species once lost do not reappear—Groups of species follow the same general rules in their appearance and disappearance as do single species—On extinction—On simultaneous changes in the forms of life throughout the world—On the affinities of extinct species to each other and to living species—On the state of development of ancient forms—On the succession of the same types within the same areas—Summary of preceding and present chapter.

Les problèmes de l'interprétation des données

- Un cas type : la lignée du cheval

- Rappel:présentation « traditionnelle » des données paléontologiques en faveur de l'évolution dans un manuel français (années 1950)
- N.B.Orthogénèse des *taxons* ou évolution des *caractères*?

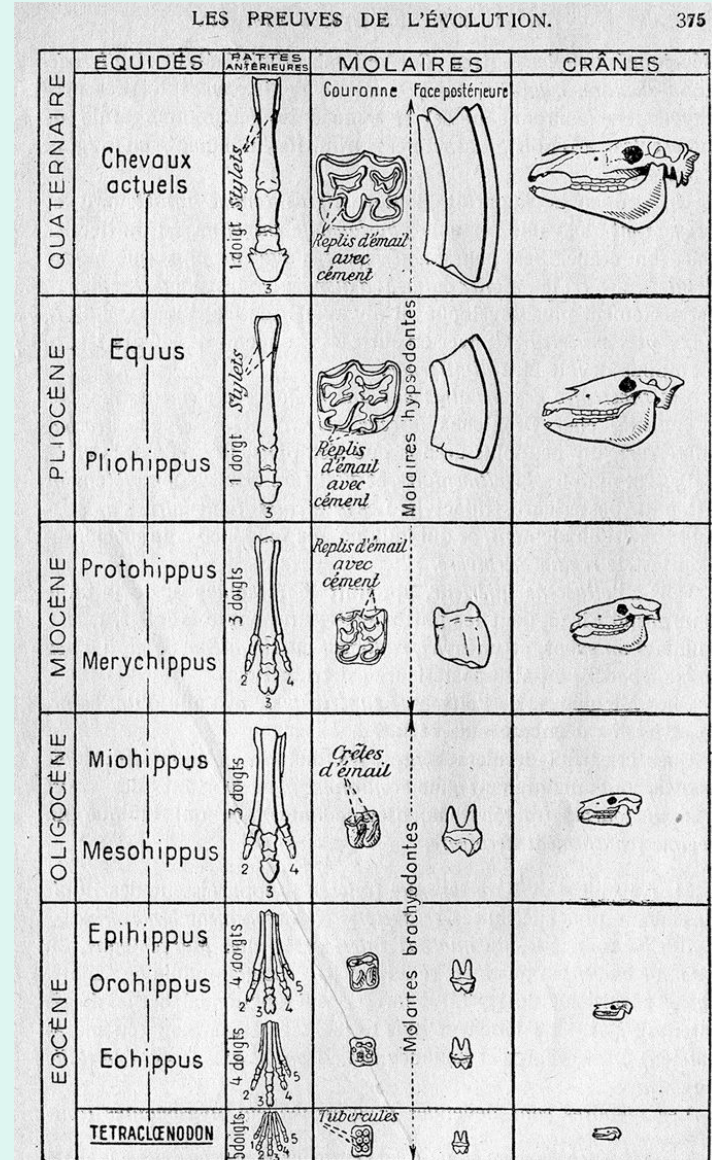


Fig. 418. — Série américaine des Équidés.

Historique du cas: Premiers essais de paléontologie évolutive sur la lignée du cheval: d'Albert Gaudry à Vladimir Kovalevski (1873)

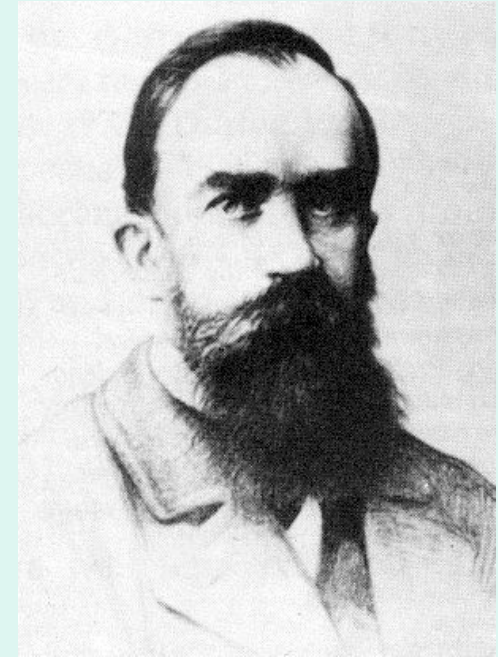
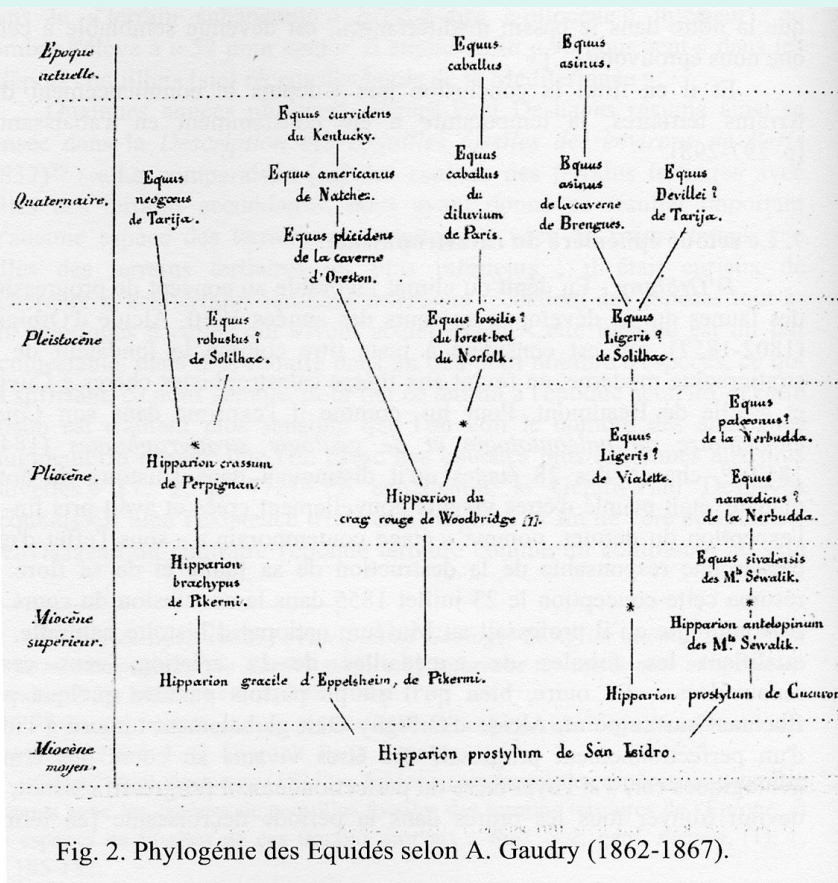


Fig. 2. Phylogénie des Equidés selon A. Gaudry (1862-1867).

- Gaudry montre des « cladogénèses (cf. Darwin), le Genre *Equus* est un « grade » polyphylétique (1862-67)
- Kovalevski documente une filiation « linéaire » *Paleotherium* - *Anchitherium* *Equus* en Eurasie (Orthogénèse)

Production et consolidation de la « vision classique »: 1 -la visite de Thomas Huxley aux USA (1876) et sa collaboration avec O.Marsh

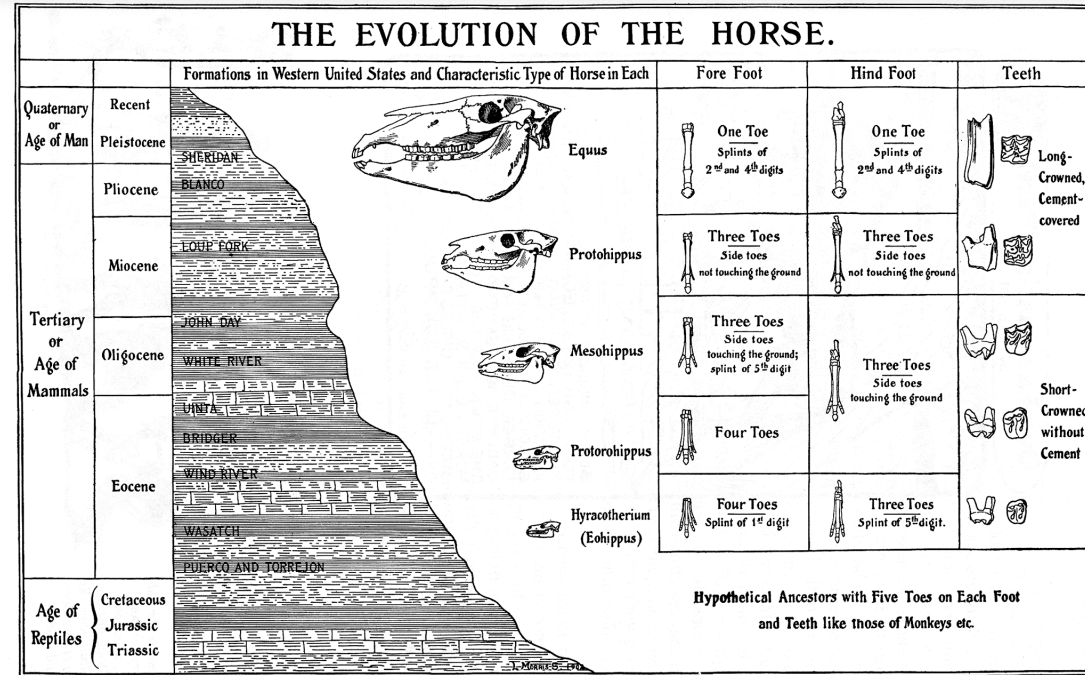
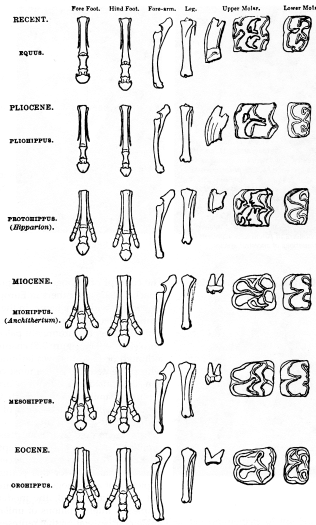


Figure 3.17. Museum-style graphic produced in 1902 that illustrates the evolution of the horse. From Matthew (1903, 1926). In some museums even today, variations on this theme (now almost a century old) still convey the evolution of fossil horses to the public.

- Arrivant aux USA, Huxley découvre que « l’histoire du cheval » est surtout nord-américaine (*contra* Kovalevski)
- « Paléontologie inductive »: le fossile « au rendez vous du calcul » (découv. *Hyracotherium* « prévue » dans l’Eocène (cf. »Lois de l’évolution »)
- Implicitement: orthogenèse (les « *missing links* » sont des intermédiaires)
- Vision stratophénétique: succession de fossiles = « généalogies pétrifiées »

Production et consolidation de la « vision classique » (suite): A partir d'une vision initiale orthogénétique, prise en compte des « radiations adaptatives » et de la paléogéographie

Orthogenesis and scientific thought / 33



(with lengths from about 10 to 40 mm, respectively) (MacFadden 1988b). As will become clear in the discussion that follows, Gould

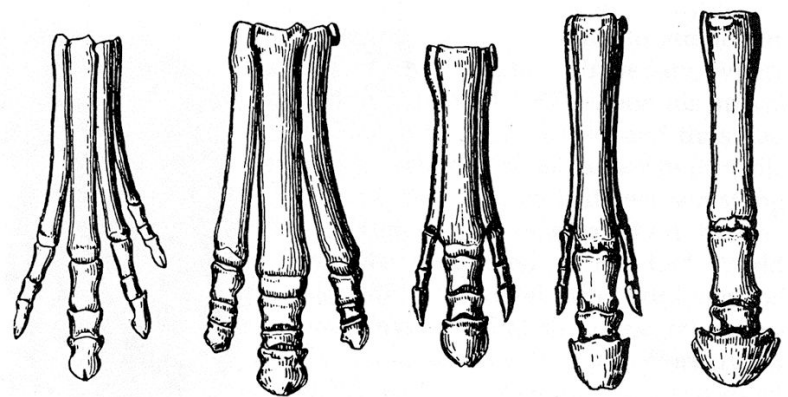
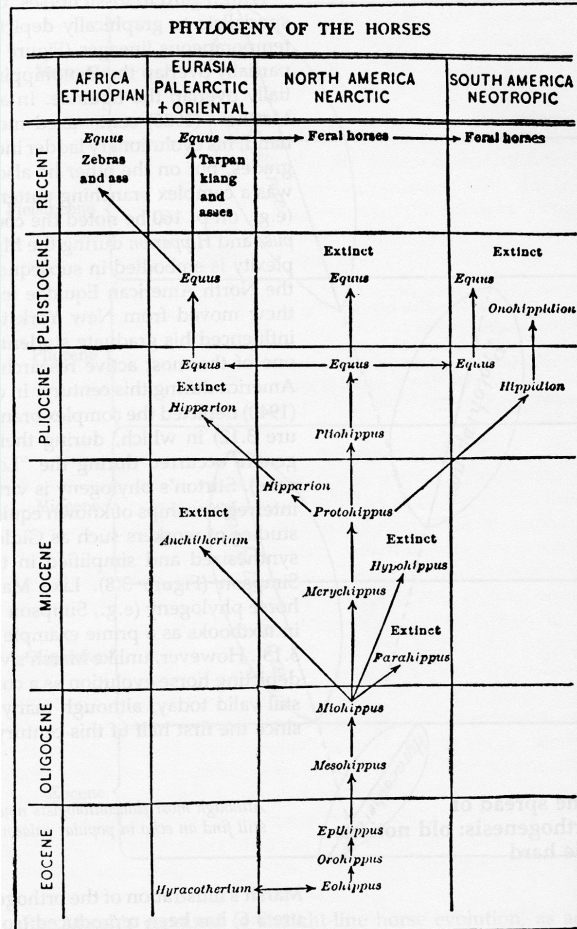
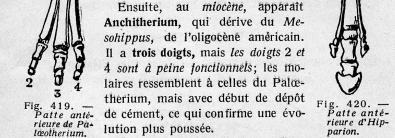


FIG. 182. *Pachynolophus (Orohippus) agilis*. Éocène moyen.
 FIG. 185. *Palaeotherium crassum*. Éocène supérieur.
 FIG. 184. *Auchitherium aurelianense*. Miocène moyen.
 FIG. 185. *Hipparion gracile*. Miocène supérieur.
 FIG. 186. *Equus Stenonis*. Pliocène.

LES PREUVES DE L'ÉVOLUTION 379

dentes. Il n'avait (fig. 419) que trois doigts, 2, 3, 4, munis d'un sabot, mais reposant encore tous sur le sol; le premier et le cinquième doigts, avaient disparu; pourtant un rudiment du cinquième doigt, 5, persistait encore aux pattes antérieures. Sataïlle variait de celle d'un *Chevreuil* à celle d'un *Cheval*.



Ensuite, au miocène, apparaît *Anchitherium*, qui dérive du *Mesohippus*, de l'oligocène américain. Il a trois doigts, mais les doigts 2 et 4 sont à peine fonctionnels; les molaires ressemblent à celles du *Palaeotherium*, mais avec début de dépôt de ciment, ce qui confirme une évolution plus poussée.

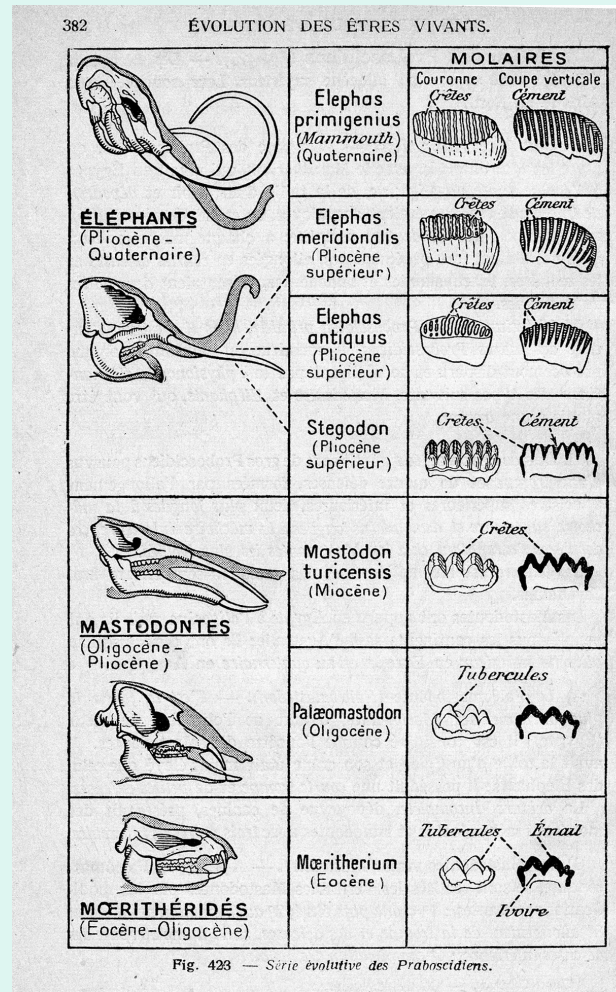
Enfin, au miocène-pliocène, vit *Hipparion*, détaché du *Merychippus* du miocène américain. Il a trois doigts, mais 2 et 4 ne sont pas fonctionnels (fig. 420); les molaires

	AMÉRIQUE	EUROPE
QUATÉNAIRE	<i>Equus</i>	<i>Equus</i>
PLIOCÈNE	Pliohippus	Hipparion
	Protohippus	
MIOCÈNE	Merychippus	Anchitherium
	Parahippus	
OLIGOCÈNE	Miohippus	
	Mesohippus	
EOCÈNE	Éphippus	Palaeotherium
	Orohippus	
	Eohippus-Hyracotherium	
	<i>Tetraclenodon</i>	

Fig. 421. — *Equidés américains et européens.*

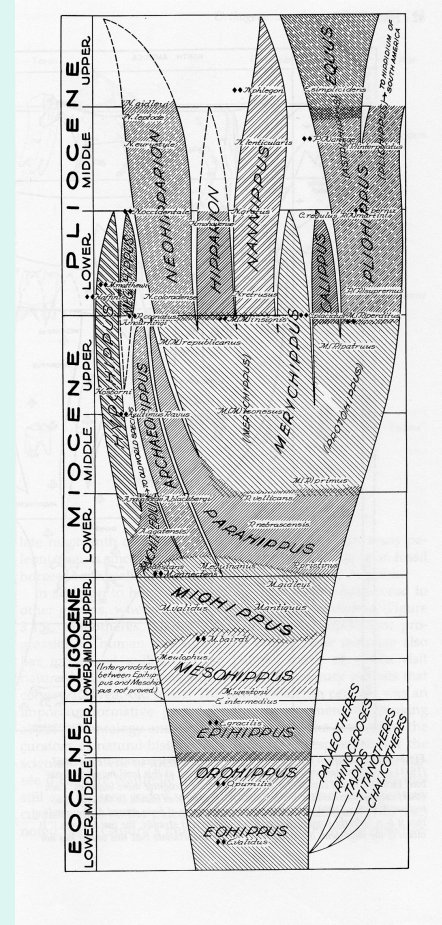
présentaient des crêtes d'émail plus plissées qu'elles ne seront chez le Cheval lui-même. Il avait la taille d'un Zèbre et ses nombreuses troupes parcouraient l'Europe, l'Asie et l'Afrique.

Généralisation de la « vision classique » ex. l'évolution des proboscidiens



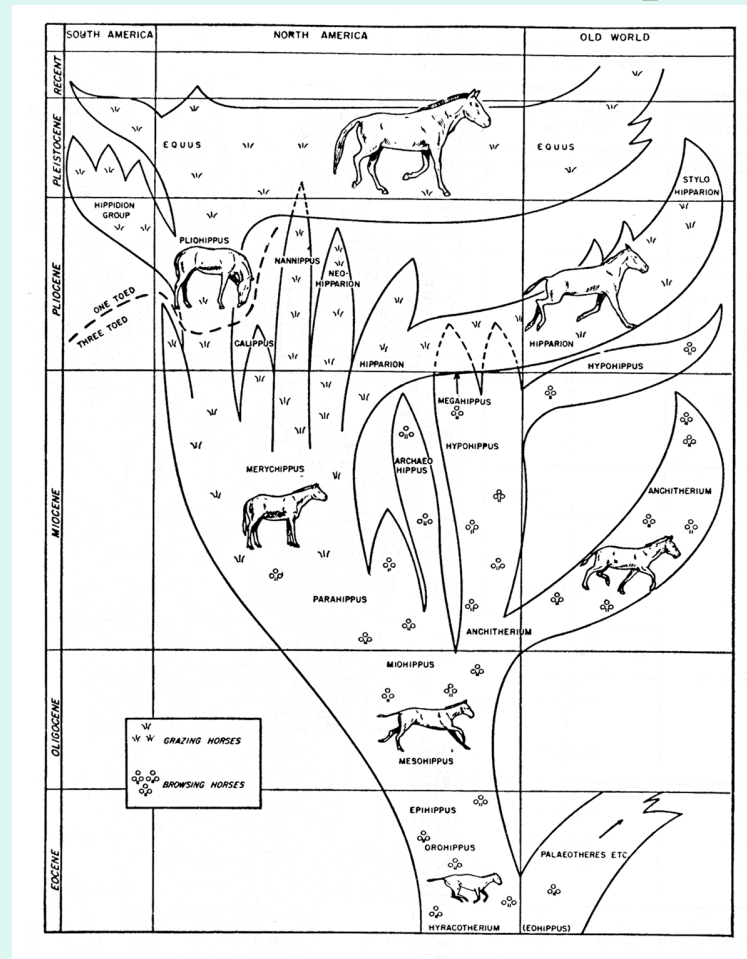
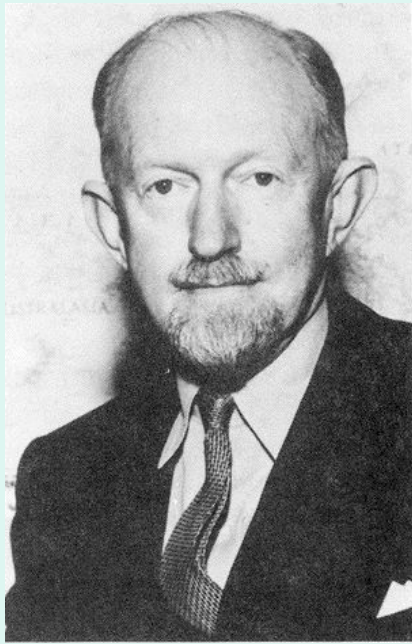
- NB. La documentation pédagogique (années 1960) suit « fidèlement » les avancées conceptuelles de la recherche (années 1890)...

L'espoir de la reconstruction réelle des lignées évolutives :
les séries fossiles sont des « généalogies pétrifiées » (*contra*
Gaudry!)



- W. Stirton (années 1930) propose des « arbres phylogénétiques » précis jusqu'à l'espèce. L'anagenèse est le mode évolutif dominant

L'évolution de la lignée du cheval dans le cadre de la Théorie synthétique de l'évolution (G.G. Simpson):



- « L'arbre phylogénétique » est sensé exprimer à la fois les relations réelles d'ancêtres à descendants dans le temps et dans l'espace écologique *et* géographique (période 1940-1970)

(depuis 1970): La paléontologie phylogénétique: de la recherche de « l'ancêtre réel » à la démonstration de *l'apparentement relatif* entre taxons

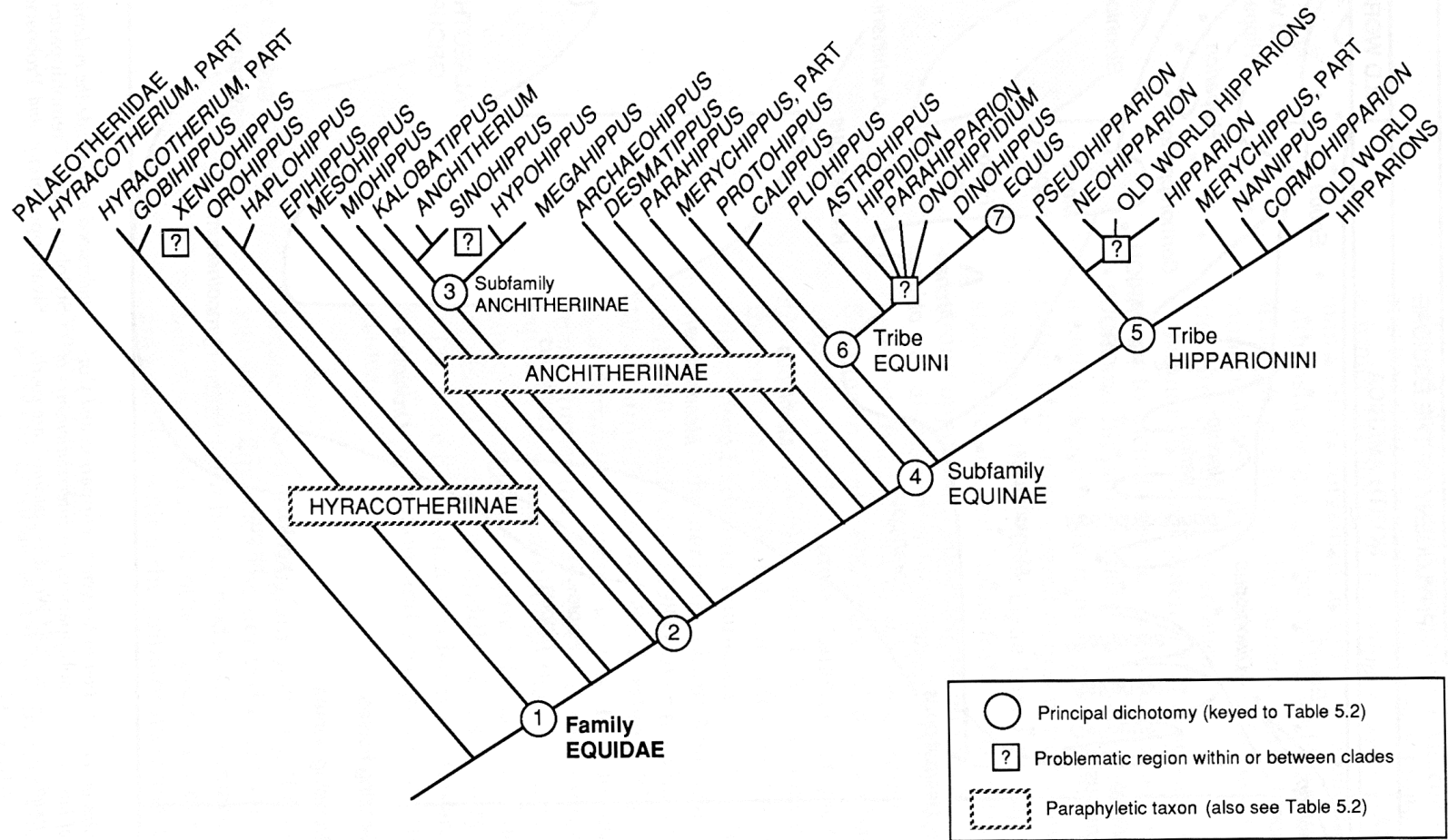


Figure 5.15. Cladogram of the Equidae, including all recognized genera (see Appendix II). Because the exact interrelationships are uncertain, the "Old

World Hipparions" include Stylohipparion, Cremohipparion, Proboscipparion, and the Sivalhippus group. Compiled from numerous

sources, including MacFadden (1976, 1988a), Hooker (1989) for Hyracotherium; Hulbert (1989), and work in progress.

Premières conclusions

- Un savoir historiquement construit, qui s'améliore constamment
- L'exposé de la *construction historique* de ce savoir est décisif:
 - 1/pour saisir la méthode utilisée
 - 2/ pour tempérer le caractère dogmatique que la « standardisation pédagogique » peut introduire

La situation contemporaine en paléontologie évolutive:
Patterns et process évolutifs

« *patterns* » (patrons) = résultats de l'évolution: la
phylogénie

« *process* » (processus) = mécanismes de l'évolution, dont
résultent les « *patterns* »

Des **méthodes d'investigations différentes** pour ces deux
aspects de l'évolution (confondus dans le cadre de la
« Théorie synthétique »!)

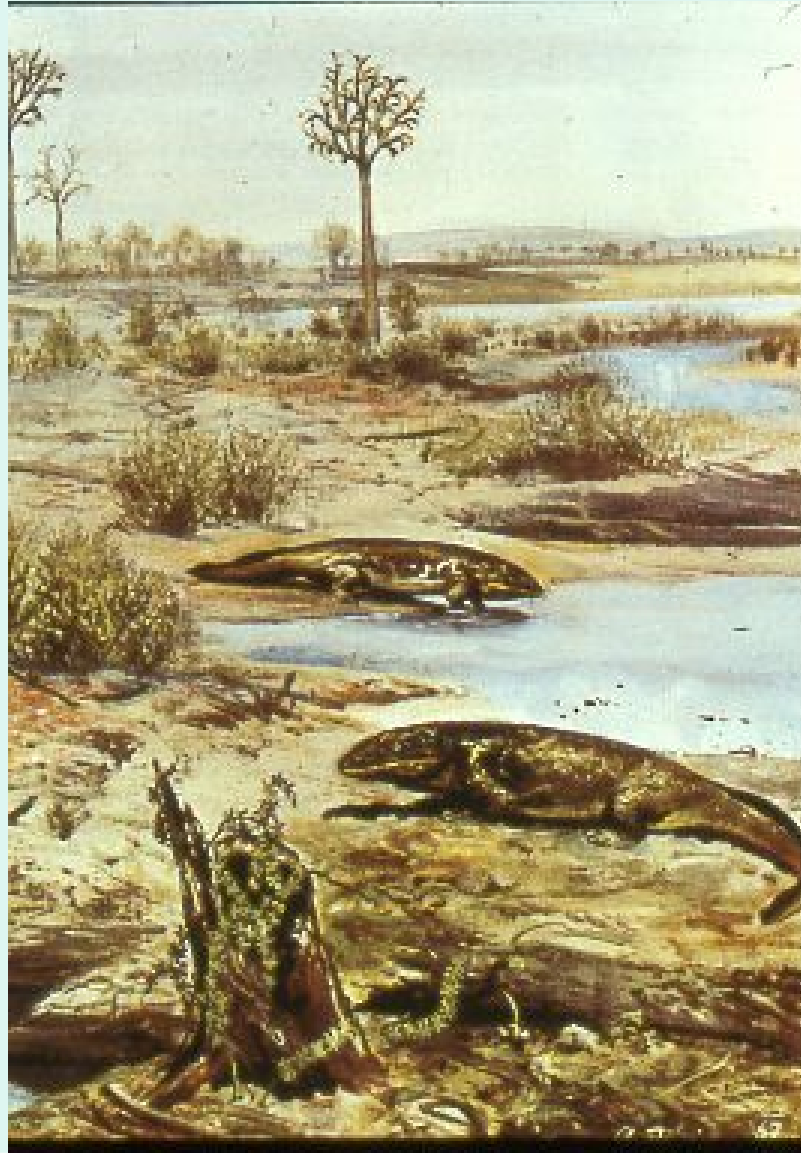
Histoire évolutive (« *patterns* ») et mécanismes de l'évolution (« *process* »)

1 - Les « *patterns* » : la paléontologie évolutionniste et l'analyse phylogénétique

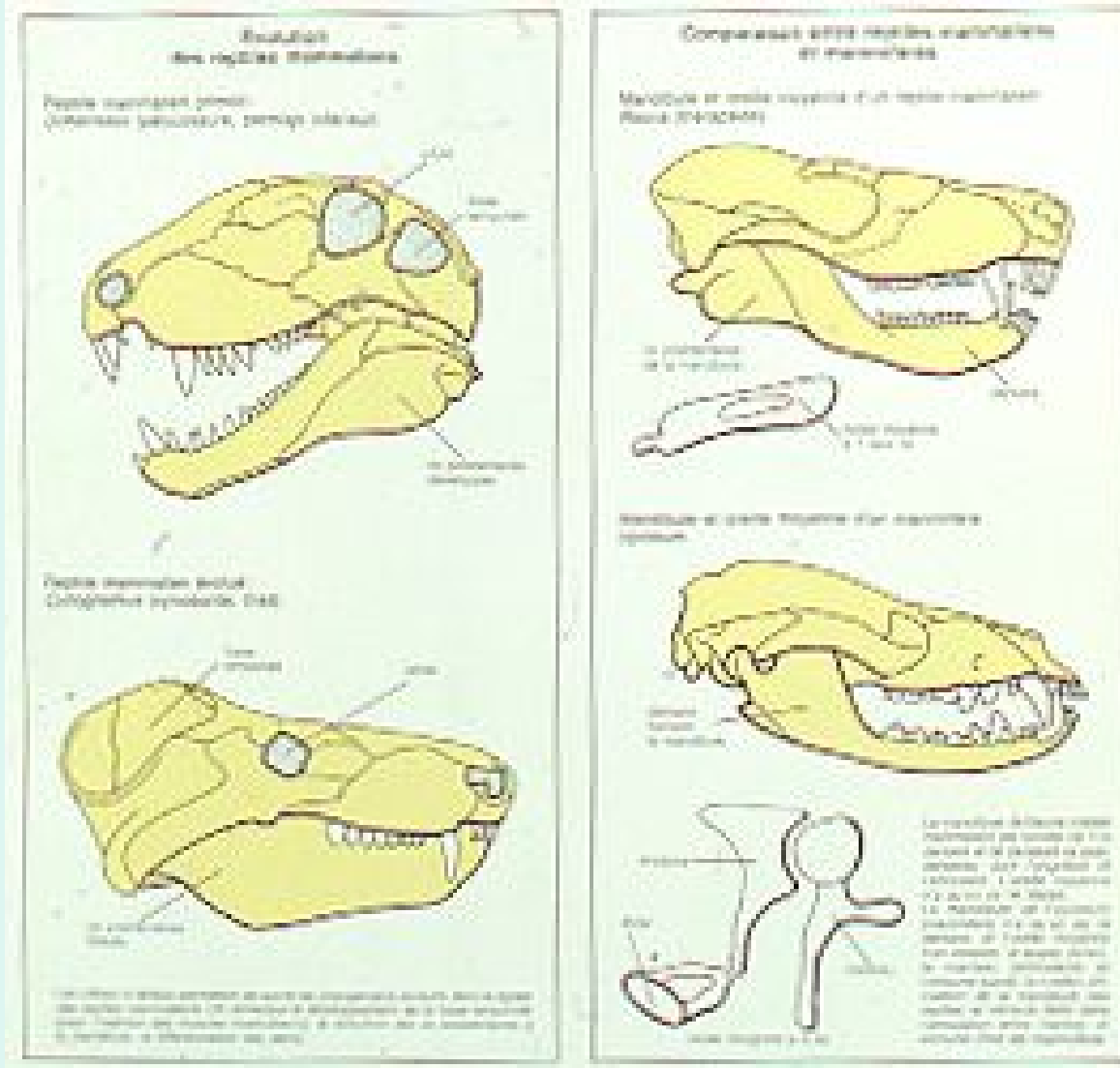
L'analyse des « patterns »: la paléontologie phylogénétique

- 1- On ne peut pas démontrer qu'un fossile donné est un *ancêtre réel* d'un autre taxon fossile ou d'un organisme actuel
- 2- La relation générale ancêtre/descendant réel postulée entre fossiles successifs est une *induction* (généralisation) plausible mais indémontrable
- 3- On peut démontrer le *degré d'apparement relatif* de taxons (fossiles et/ou actuels) par l'analyse des caractères
- 4- Rôle clé des caractères *intrinsèques* vs. caract. extrinsèques des taxons

Les « *patterns* »: Enrichissement des découvertes constituant des « test de consilience additives ». Les « formes de transition » s'accroissent : les « *missing links* » ne manquent plus ! (ex. origine des tétrapodes)



Les « *patterns* »: Une illustration de plus en plus pertinente et complète des résultats à grande échelle de l'évolution (*patterns* macroévolutifs) (ex. synapsides)



Enrichissement des découvertes. Les formes de transition : les « *missing links* » ne manquent plus ! Ex.origine des oiseaux -

1



- A g. *Archaeopteryx* expl. de Berlin (1860): 10 expl. connus depuis
- A dr. Plume isolée découverte un an avant (1859)
- L'analyse moderne du squelette: dinosaure, théropode, maniraptora

Enrichissement des découvertes. Les formes de transition : les « *missing links* » ne manquent plus ! Ex.origine des oiseaux -

2



- A g. détail de *Sinosauropteryx*, A dr. Détail de *Caudipteryx*
- Deux petits dinosaures théropodes maniraptora non volants du Crétacé inférieur de Chine (Liaoning)
- Le tégument présente des phanères de types divers: « *protoplumes* »
- Rôle d'un processus d'**exaptation** dans l'origine de la plume avienne?

Histoire évolutive (« *patterns* ») et mécanismes de l'évolution (« *process* »):suite

2 - Les « *process* » : la paléontologie évolutionniste et l'analyse des mécanismes évolutifs

La paléontologie évolutionniste et l'analyse des « *process* » ou mécanismes évolutifs

- Dans des **cas favorables** une certaine aptitude à tester les mécanismes microévolutifs étudiés en biologie **si**:
- Contrôle de la variabilité anatomique et de la « trajectoire ontogénique » (tests statistiques) dans « paléopopulations » synchrones
- Contrôle de la variabilité géographique entre « paléopopulations » synchrones (variation clinale, polytypisme...)
- Contrôle de la variation diachronique entre populations et ses modalités: anagenèse et cladogenèse; syn- et allopatrie, « équilibres ponctués », hétérochronies...
- Contrôle phylogénétique *indépendant* de l'analyse des « *process* »...

Synthèse 1 - histoire évolutive et mécanismes de l'évolution

L'analyse des « *patterns* » évolutifs: une science (surtout) historique (palétiologique): **preuves par « monstration »** (ex. test de consilience additive en phylogénétique)

L'analyse des « *process* » évolutifs: une science (surtout) expérimentale (nomologique) qui recherche des « Lois »: **preuve par démonstration** (ex. test expérimental)

**Synthèse 2 - Science historique et /ou science
nomologique? la situation de la paléontologie
évolutive et le régime d'administration de la
preuve**

La paléontologie: une science des « *patterns* » ou
des « *process* » évolutifs ?

Le problème du « grain » de l'information

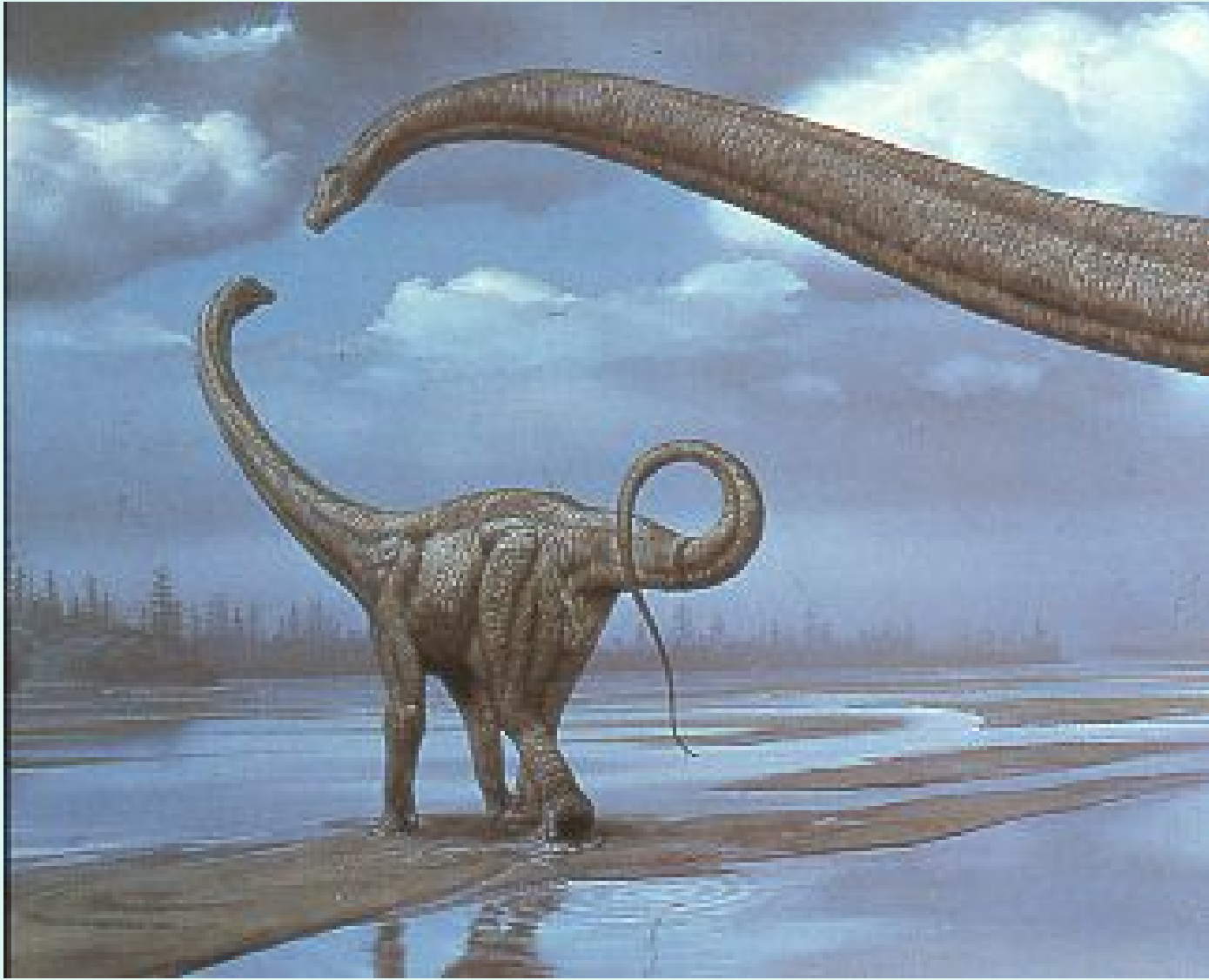
Synthèse 3 - L'administration des « preuves de l'évolution » que les fossiles peuvent fournir:

- Elle n'est pas, **en général**, de même nature que la « preuve par démonstration » des sciences expérimentales
 - C'est une preuve par « monstration » (par accumulation de données circonstancielle), typique des sciences historiques
 - **Cette particularité épistémologique des sciences historiques ne devrait pas être dissimulée, mais au contraire clairement explicitée par la pédagogie**

Conclusions: 1 - la paléontologie, une science *inscrite dans le concret*, indispensable à l'étude de l'évolution



2 - Une pertinence toujours renouvelée pour (re)construire l'histoire de la vie avec de plus en plus de précision, par des *témoignages directs* calés dans le temps et l'espace (la reconstitution à partir de *l'actuel*, morphologique et moléculaire *ne suffit pas*)



3 - Une aptitude à manipuler «*le temps long*», des questions ouvertes relativement aux "*process*" : importance des exaptations, des hétérochronies,... existence de "mécanismes macroévolutifs" irréductibles ?



4 - La paléontologie: une ouverture irremplaçable sur une vision
environnementale *vraiment globale* (terre/océan/espace) dans le temps
long comme cadre de la vie

