

Evolution et Classification

1. L'évolution	2
1.1. Découverte des théories de l'évolution	2
1.2. La sélection naturelle	2
1.3. L'adaptation	3
1.4. La sélection sexuelle	5
1.5. La spéciation	5
1.6. La théorie des équilibres ponctués	6
2. La classification	7
2.1. Pourquoi une classification ?	7
2.2. Les anciens et les modernes	7
2.3. La classification selon Linné et Darwin : les anciens	7
2.4. Les cladistes : les modernes	9
2.5. La participation de la génétique	11
3. Idées reçues à combattre et nouvelles découvertes	12
3.1. L'idée de l'échelle des êtres	12
3.2. Le déterminisme	12
3.3. Les oiseaux sont des reptiles	12
3.4. Et si Lamarck n'avait pas tout à fait tort ?	14

1. L'évolution

1.1. Découverte des théories de l'évolution

L'idée d'évolution n'était pas originale, même à l'époque de Charles Darwin (1809-1882). Mais chaque fois qu'elle était avancée, son auteur était insulté, ridiculisé ou ignoré et se heurtait aux créationnistes qui défendaient les écrits de la Bible (soutenant que toutes les espèces avaient été créées lors de la genèse par Dieu et n'avaient pas été modifiées depuis). Darwin le savait bien, et lorsqu'il fut convaincu qu'il y avait évolution, il garda le silence. L'idée essentielle lui vint au cours de son voyage comme médecin et naturaliste à bord du navire Beagle. Mais vingt ans passèrent après son retour en Angleterre avant qu'il publiât « De l'Origine des Espèces ». Pendant cette période, il ne cessa de rassembler des preuves en faveur de sa théorie. C'est en 1858 qu'une lettre d'Alfred Russel Wallace le fit passer à l'action. Ce dernier envoya un résumé de ses travaux, émettant l'idée de sélection naturelle, à Darwin pour lui demander son avis. Darwin rédigea alors « De l'Origine des Espèces » et Wallace s'effaça. Cet ouvrage réussit là où tous les précédents avaient échoué : imposer l'idée d'évolution. Darwin avait rassemblé tant de preuves et anticipé si soigneusement les critiques qu'à partir de ce moment l'évolution devint un fait acquis.

1.2. La sélection naturelle

La théorie de l'évolution repose sur la sélection naturelle, elle-même combinaison de trois idées simples. Premièrement, les organismes varient : deux individus de la même espèce sont rarement semblables. Deuxièmement, ces variations peuvent modifier la capacité de l'individu à survivre et à se reproduire. Les individus les mieux adaptés auront une descendance plus importante. Si l'on associe ces deux idées à la troisième, l'hérédité, on obtient la sélection naturelle. Ceux qui sont mieux armés ont la descendance la plus nombreuse ; et si les caractères qui leur ont permis de survivre sont héréditaires, ils deviendront plus fréquents dans les générations futures.

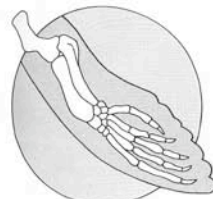
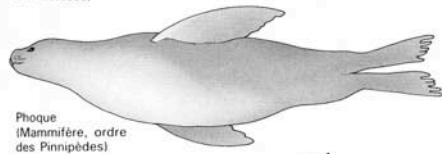
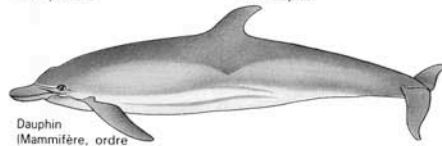
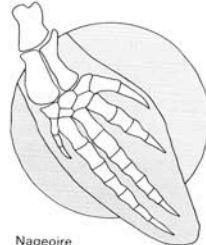
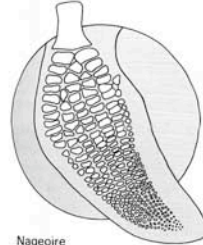
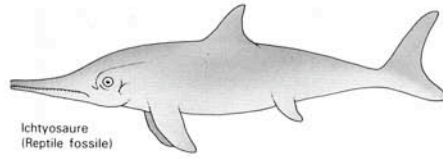
1.3. L'adaptation

Le résultat de l'évolution par sélection naturelle est l'adaptation, c'est à dire la manière dont les organismes sont harmonisés avec la niche écologique dans laquelle ils vivent. Chaque espèce a sa niche écologique propre caractérisée par un type de milieu, la nourriture qu'il contient, les autres espèces présentes...

La variation génétique est à l'origine de changements aléatoires, non dirigés, qui seront ensuite retenus ou non par la sélection naturelle. Par exemple, au XIXème siècle en Angleterre, les fumées d'usines ont noirci le tronc des bouleaux, faisant disparaître les lichens qui les recouvraient. Un papillon, le Phalène du Bouleau, posé sur les troncs pendant la journée et camouflé grâce à sa ressemblance avec les lichens, perdit sa protection et fut décimé par les prédateurs. Un variant, appelé mélanique et donnant une coloration noire, devint alors prédominant dans les populations de papillons des zones industrielles. Aujourd'hui, le contrôle de la pollution a diminué la fréquence de la mutation mélanique.

A tout problème posé par l'environnement, il existe un nombre limité de solutions : l'évolution convergente en résulte. Par exemple, les animaux marins ayant tous un ancêtre terrestre ont une forme aérodynamique et des membres antérieurs en forme de nageoire. Mais le phoque et le manchot, qui se reproduisent à terre, ont un corps un peu différent. En cas de convergence, les ressemblances apparentes cachent en fait des différences fondamentales. On peut le constater en étudiant l'anatomie des membres antérieurs. En comparant le pingouin et le phoque, on voit que leurs nageoires dérivent de structures assez différentes (l'aile d'un oiseau et la patte d'un carnivore).

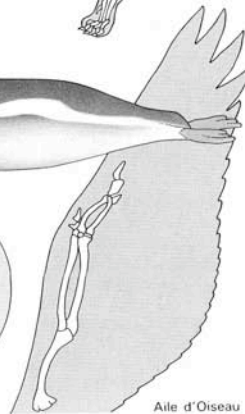
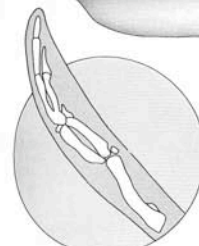
L'évolution convergente



Nageoire de phoque

Patte de
Carnivore

Manchot (Oiseau)



Nageoire de Manchot

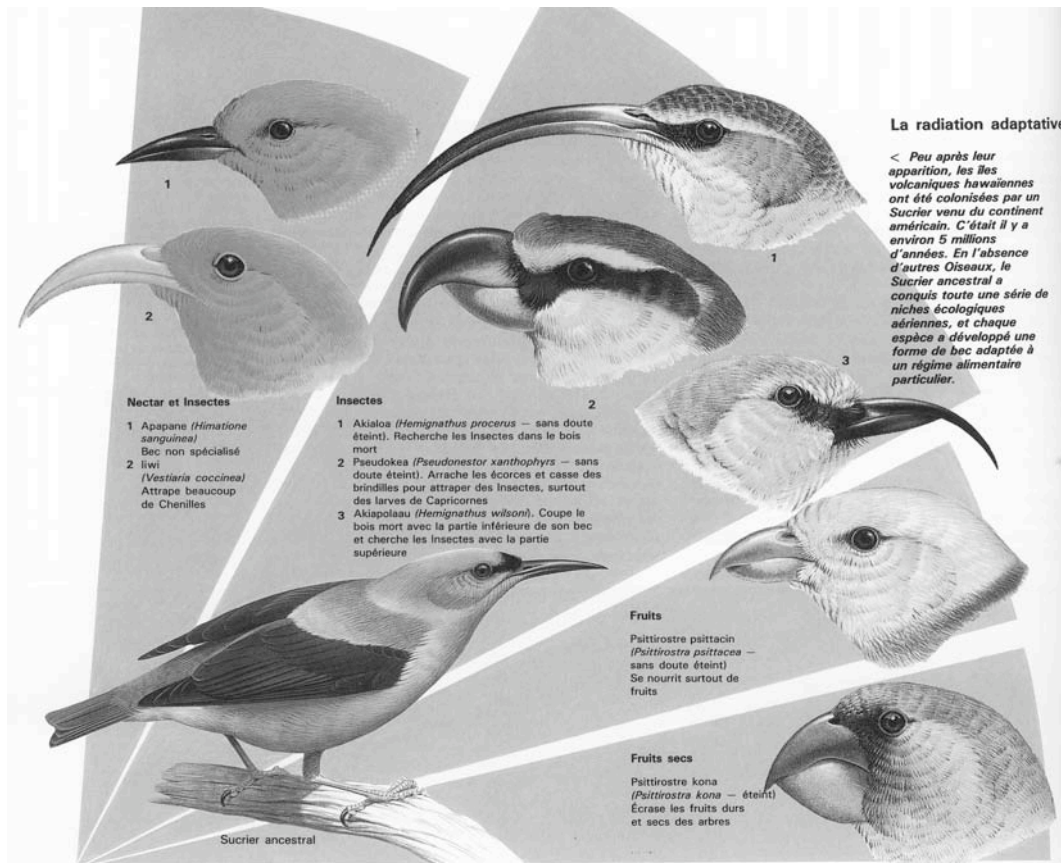
Aile d'Oiseau

1.4. La sélection sexuelle

Selon Darwin, il n'existe que deux moteurs de l'évolution : la sélection naturelle et la sélection sexuelle. Le fondement de la sélection sexuelle est que l'aptitude à se reproduire de la femelle est limitée par le nombre d'œufs qu'elle produit, alors que celle du mâle est limitée par le nombre de femelles qu'il féconde. C'est pourquoi les mâles s'affrontent souvent pour s'accoupler le plus possible. Tout cela mène à une sélection, soit par compétition entre mâles, soit par choix de la femelle. Par exemple, un Paon mutant dépourvu de plumes somptueuses vivrait sans doute beaucoup plus vieux qu'un mâle typique, mais comme il aurait peu de chances de se reproduire, son gène mutant disparaîtrait avec lui.

1.5. La spéciation

Le concept d'espèce repose sur l'observation courante que les membres d'une même espèce se ressemblent. Si un ensemble d'individus sont biologiquement isolés et peuvent se reproduire entre eux, ils représentent une espèce. Les processus progressifs de sélection naturelle conduisent à l'adaptation et à l'apparition de nouvelles espèces. Par exemple, les îles Hawaïennes ont été colonisées par un oiseau, le Sucrier, venu du continent américain. C'était il y a environ 5 millions d'années. Le Sucrier ancestral a conquis toute une série de niches écologiques, et chaque espèce a développé une forme de bec adaptée à une régime alimentaire particulier.

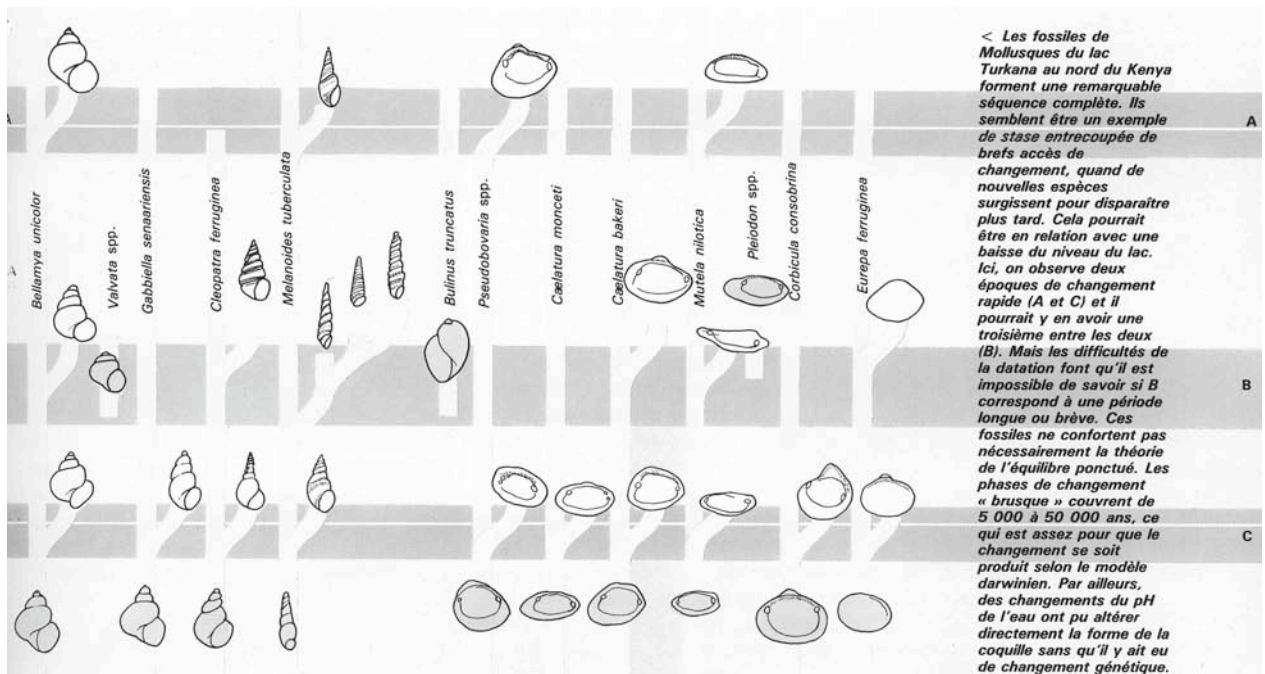


Cette spéciation peut être artificiellement poussée à l'extrême dans les élevages. Ainsi, toutes les races actuelles de chiens dérivent d'un ancêtre commun, le loup. C'est la sélection de caractères durant plusieurs générations qui a permis l'émergence des différents types de chiens.

On distingue la microévolution, qui crée de petites adaptations au sein des espèces, de la mégaévolution qui permet l'apparition de nouvelles espèces. Ces deux phénomènes ne sont pas soutenus par les mêmes mécanismes.

1.6. La théorie des équilibres ponctués

Selon les théories actuelles, l'évolution n'est pas un phénomène continu, mais aurait lieu selon une alternance de stases (équilibres) et de changements. C'est ce qu'on appelle la théorie des équilibres ponctués. Sans changements de l'environnement, les espèces varient peu. Suite à un bouleversement, de grands changements ont lieu et certaines espèces disparaissent alors que d'autres apparaissent. Cela explique pourquoi on ne retrouve pas toutes les formes d'évolution sous forme fossilisée, tout simplement car les formes intermédiaires n'ont pas ou peu longtemps existé. Dans certains sites, comme dans le lac Turkana, on retrouve néanmoins des séquences complètes de fossiles, qui mettent en évidence ces phases statiques suivies de périodes d'évolution rapide.



2. La classification

2.1. Pourquoi une classification ?

Le besoin de classer, former des groupes et les nommer, est typiquement humain. « Quand l'homme ignore le nom et les propriétés d'un objet naturel, il ne sait ni l'observer ni le décrire correctement » se lamentait le naturaliste anglais John Ray (1627-1705). La première classification grossière (oiseau, poisson, serpent...) s'affina avec l'amélioration des connaissances. De nombreux naturalistes tentèrent de mettre au point des classifications, comme le fit Aristote qui distingua 14 groupes selon la taille des espèces. Les taxonomistes modernes s'efforcent de mettre au point des classifications reflétant les véritables relations entre les êtres vivants. C'est ce qu'il est possible de faire en prenant en compte de nombreux critères.

Le problème était initialement dû au fait que de nombreux animaux ou végétaux avaient une multitude de nom locaux, et qu'il n'y avait pas de moyen de les décrire de façon intelligible par tous. Par exemple, le Bar et le Loup sont une seule et même espèce, mais nommée différemment selon les régions. Ce besoin de classification était très fort notamment chez les botanistes qui cherchaient à nommer de façon exacte les plantes médicinales afin d'éviter les erreurs.

En sciences naturelles, la science des classification est appelée systématique. Sa première tâche est l'identification, la description, l'inventaire des êtres vivants présents et passés. La seconde est leur classification, qui permet de rendre intelligible leur immense diversité.

2.2. Les anciens et les modernes

La classification nourrit depuis 15 ans des débats brûlants qui opposent les traditionalistes et les cladistes. Les traditionalistes qui sont en faveur de la taxonomie évolutive ; les cladistes soutiennent le modèle inspiré par le biologiste allemand William Henning dans les années 1960. Henning voulait introduire une approche plus méthodique et plus scientifique de la classification, jusqu'alors plutôt subjective- plus art que science. Changer de méthode, c'est aussi changer d'attitude. Certaines conceptions ayant dominé la taxonomie depuis plus d'un siècle ont été remises en question.

2.3. La classification selon Linné et Darwin : les anciens

Au VIIIème siècle, Carl Von Linné (1707-1778), botaniste suédois publia la « Systeme Naturae », fondant les bases de la science moderne de la taxonomie. Ainsi est née

la taxonomie, permettant de classer les espèces. Taxonomie vient du grec taxis (ordre) et nomos (loi). Linné croyait que sa classification reflétait l'œuvre de Dieu et remarqua l'organisation hiérarchisée de la nature où de petits groupes s'organisent pour former de plus grands. Il leur donna des noms toujours en usage :

Classification	Exemple : saumon de l'Atlantide
Règne	animal
Embranchement	vertébrés
Classe	poissons
Ordre	salmoniformes
Famille	salmonidae
Genre	salmo
Espèce	salar

Linné nous a légué le système binomial dans lequel chaque espèce est désignée par un nom de genre et un nom d'espèce :

Ex : *Salmo salar*

Entre parenthèse sont souvent ajoutés le nom du découvreur (auteur) et la date de découverte.

Cette classification a été établie par la méthode d'anatomie comparée. Ainsi, les espèces sont comparées les unes par rapport aux autres du point de vue morphologique (ossature, ailes, pattes, forme du corps...etc).

Mais cette classification était déjà sujet à discussion à l'époque de Linné. Un ecclésiastique anglais décrivait que « rien ne pouvait égaler la lascivité grivoise de Linné », parce que son système de classification des plantes repose sur les seuls organes reproducteurs. Linné mit de l'huile sur le feu avec ses métaphores érotiques : « les pétales des fleurs sont une couche nuptiale splendide, parée par le créateur d'un dais somptueux et des parfums les plus enivrants pour que les nouveaux époux consomment leur union ». De même, si Linné a choisi 7 grandes catégories pour classer les espèces, ce n'était pas par hasard mais pour s'accorder à la numérologie des nombres parfaits. Si Linné a posé les bases de la classification moderne, des idées admises et enseignées depuis des siècles doivent aujourd'hui être remises en cause.

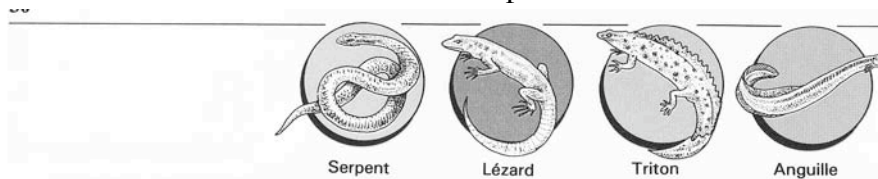
Darwin transforma ensuite la classification de Linné en arbre d'évolution. Il insista pour qu'à l'avenir, les classifications fussent généalogiques. Les taxonomistes des siècles suivants utilisèrent alors les fossiles afin de construire des arbres évolutifs qui remontent les lignées.

Ce type de classification est également critiquée car basée sur le caractère supérieur de l'homme. En effet, se détachent de l'arbre d'évolution des groupes définis par l'absence de

caractères par rapport à l'homme : les procaryotes sans noyau, les invertébrés sans vertèbres, les poissons (craniates) sont sans pattes, les reptiles sont des amniotes sans poils...

2.4. Les cladistes : les modernes

La cladistique est basée sur l'étude des ressemblances, qui est maintenant largement utilisée. Il s'agit d'établir des cladogrammes (arborescences) et de retrouver les parentés évolutives entre les êtres en les rassemblant en groupes monophylétiques (c'est à dire en groupes comportant un ancêtre commun et la totalité de ses descendants). La première étape de la méthode cladistique consiste à dresser un tableau récapitulatif d'animaux ou de plantes à comparer. Les taxas ayant des caractères communs sont alors regroupés par paire et agencés sur des arbres. On élimine les caractères communs à tous de même que ceux spécifiques d'un seul organisme. L'arbre retenu est celui qui explique le plus grand nombre de caractères, en prenant en compte le principe de parcimonie (c'est à dire le moins de changements possibles pour atteindre un résultat). Les cladogrammes ne sont pas des arbres d'évolution mais des résumés de relations existants entre les différentes espèces.

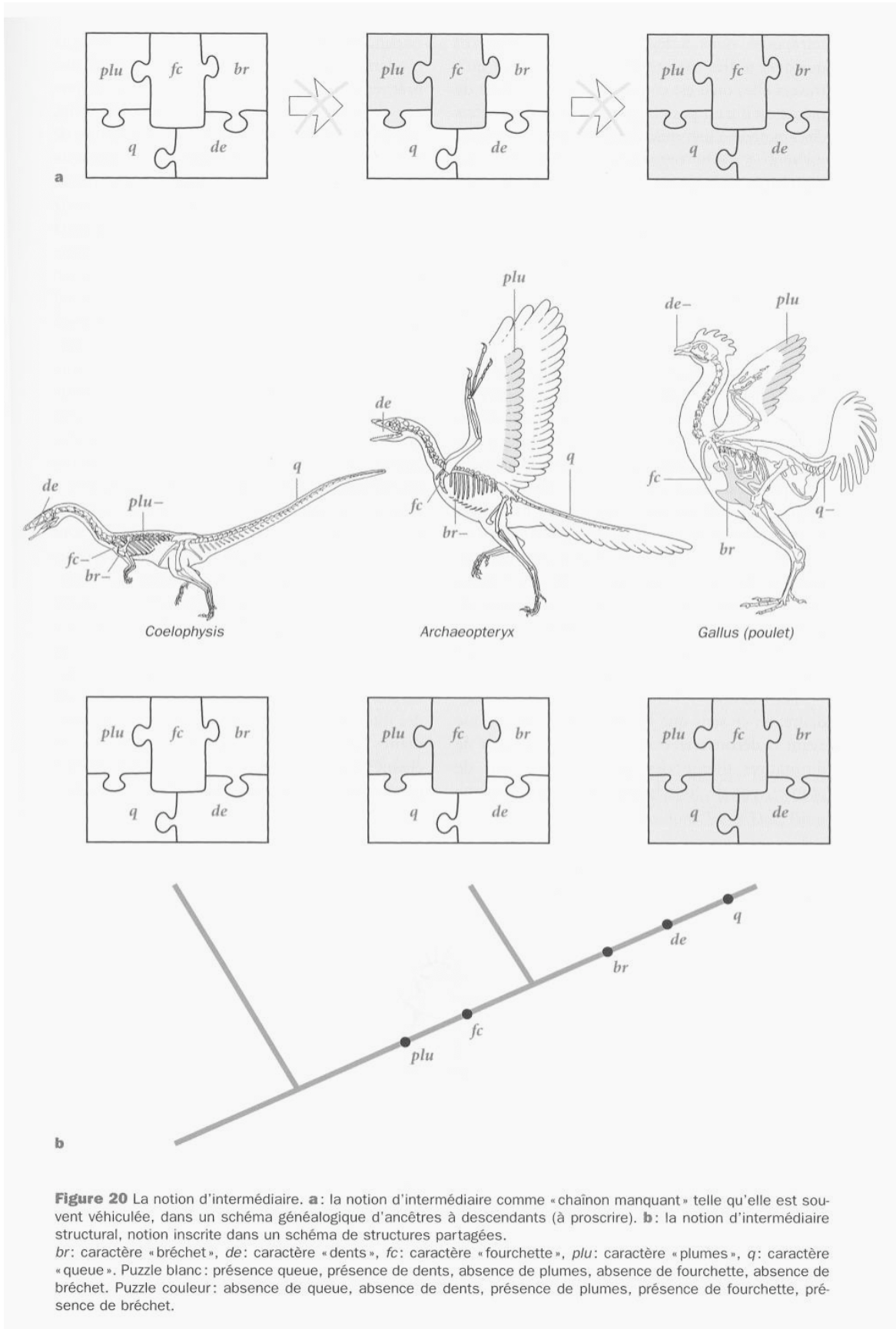


La méthode cladistique

> 1. La première étape consiste à dresser un tableau récapitulatif des caractéristiques d'animaux ou de plantes à comparer, les taxa. Le tableau représenté ici (à droite) est très simplifié ; dans un cas réel, on prendrait en compte des caractéristiques beaucoup plus nombreuses. Parce qu'ils ne permettent aucune comparaison, les traits spécifiques à un taxum ou communs à tous sont éliminés. Ici sont comparés un Serpent (A), un Lézard (B), un Triton (C) et une Anguille (D). A première vue, Anguille et Serpent pourraient être regroupés, de même que Lézard et Triton, mais ce tableau prouve que c'est incorrect...

1	Quatre membres osseux		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Corps long et cylindrique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Peau écailleuse	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Mue périodique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Poumons	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Cœur à trois cavités	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Vertèbres à pointes osseuses s'articulant avec la suivante	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Oeufs à coquille souple	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Fécondation interne ; le mâle a un pénis	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Oeuf à membrane interne (amniotique)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Stades larvaires différents de la forme adulte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

La cladistique remet également les intermédiaires en question.



2.5. La participation de la génétique

Les caractéristiques d'un individu, visibles ou non, sont déterminées par son génome. Les gènes sont codés par l'ADN, qui est contenu dans le noyau de chacune de nos cellules. L'ADN est formé de 4 molécules différentes (4 « lettres » : A, T, G et C). Prises 3 par 3, ces lettres codent pour des acides aminés (comme des syllabes ; il en existe 21 différentes). L'agencement de ces 21 acides aminés différents constitue les protéines. Par exemple, le gène « couleur des yeux bleus » va coder pour une protéine qui est un pigment bleu. Les protéines donnent ainsi ses caractéristiques à l'individu.

Le séquençage du génome, facilité durant la dernière décennie, a permis de faire de grandes avancées dans la classification. En effet, en comparant le même gène ou la même protéine chez plusieurs espèces, on peut déterminer lesquelles sont les plus proches. Par exemple, on peut comparer la chaîne α de l'hémoglobine humaine à d'autres espèces. Des mutations ont lieu aléatoirement à peu près régulièrement. La fréquence de ces mutations définit donc une horloge moléculaire. En comptant le nombre de mutations sur une même protéine entre deux espèces, on peut donc déterminer l'époque de la séparation de leurs ancêtres.

Espèce	Acides aminés différents de l'homme	Séparation des ancêtres (millions d'années)
Singe rhésus	4	25
Veau	17	90
carpe	41	400

Pour l'hémoglobine, il y a donc 1 acide aminé muté tous les 5-6 millions d'années, ce qui constitue une véritable horloge moléculaire. Cette technique permet donc de classer les différentes espèces en nous renseignant sur leur degré de parenté. Cependant, cette technique a des limites : selon la protéine utilisée, l'horloge moléculaire n'est pas la même, deux mutations successives peuvent s'annuler... La génétique doit donc être utilisée en complément d'autres méthodes comme la cladistique.

3. Idées reçues à combattre et nouvelles découvertes

3.1. L'idée de l'échelle des êtres

Depuis Linné et Darwin, nous réalisons des arbres phylogéniques avec l'homme au sommet. Cette représentation très anthropocentriste sous-entend que l'homme est le but final de l'évolution. Or, tous les êtres sont aussi évolués les uns que les autres car ils évoluent depuis le même temps. De plus, le degré d'évolution est tout à fait subjectif. Ainsi, les scorpions sont capables de résister aux radiations nucléaires, à la sécheresse, aux températures extrêmes... et l'homme ? Les poissons ne sont-ils pas mieux adaptés à leur milieu que nous (cf les 50kg de matériel dont nous avons besoin pour rester 1 heure avec eux). Les nautilus n'ont pas changé depuis des millions d'années, ayant donc pu survivre à de fantastiques bouleversements climatiques. Ne sont-ils donc pas extrêmement évolués ? Pourront-nous en faire autant ?

Une des principales notions à retenir de ce cours est que l'évolution n'est pas un progrès. Il est nettement préférable de représenter les relations phylogéniques des espèces sous forme de buisson et non d'arbre qui suppose une échelle des êtres. Chaque espèce est adaptée à son milieu et bien malin qui pourrait dire laquelle est plus évoluée.

3.2. Le déterminisme

Nous avons fréquemment tendance à vouloir expliquer l'évolution. La girafe a développé un long cou pour brouter les arbres en hauteur. Non ! L'évolution n'est pas orientée vers un but, elle est hasardeuse. Certaines girafes ont par hasard muté et ont donc eu un plus long cou. Cela a constitué un avantage à ce moment donné, leur permettant de se reproduire plus. Toutes les girafes ont eu peu à peu un long cou. Mais les mutations ne sont pas orientées vers une amélioration et peuvent être délétères.

3.3. Les oiseaux sont des reptiles

La classification de Linné, basée sur la morphologie avait placé les oiseaux proches des mammifères, notamment par leur homéothermie. Mais les études récentes de cladistique et de génétique ont montré que les oiseaux étaient en fait des reptiles. Des descendants des dinosaures, il ne reste plus que les crocodiles... et les oiseaux. Ainsi, un oiseau est phylogénétiquement bien plus proche d'un crocodile, qu'un crocodile d'un lézard ! Cet exemple montre bien les limites de la classification morphologique.

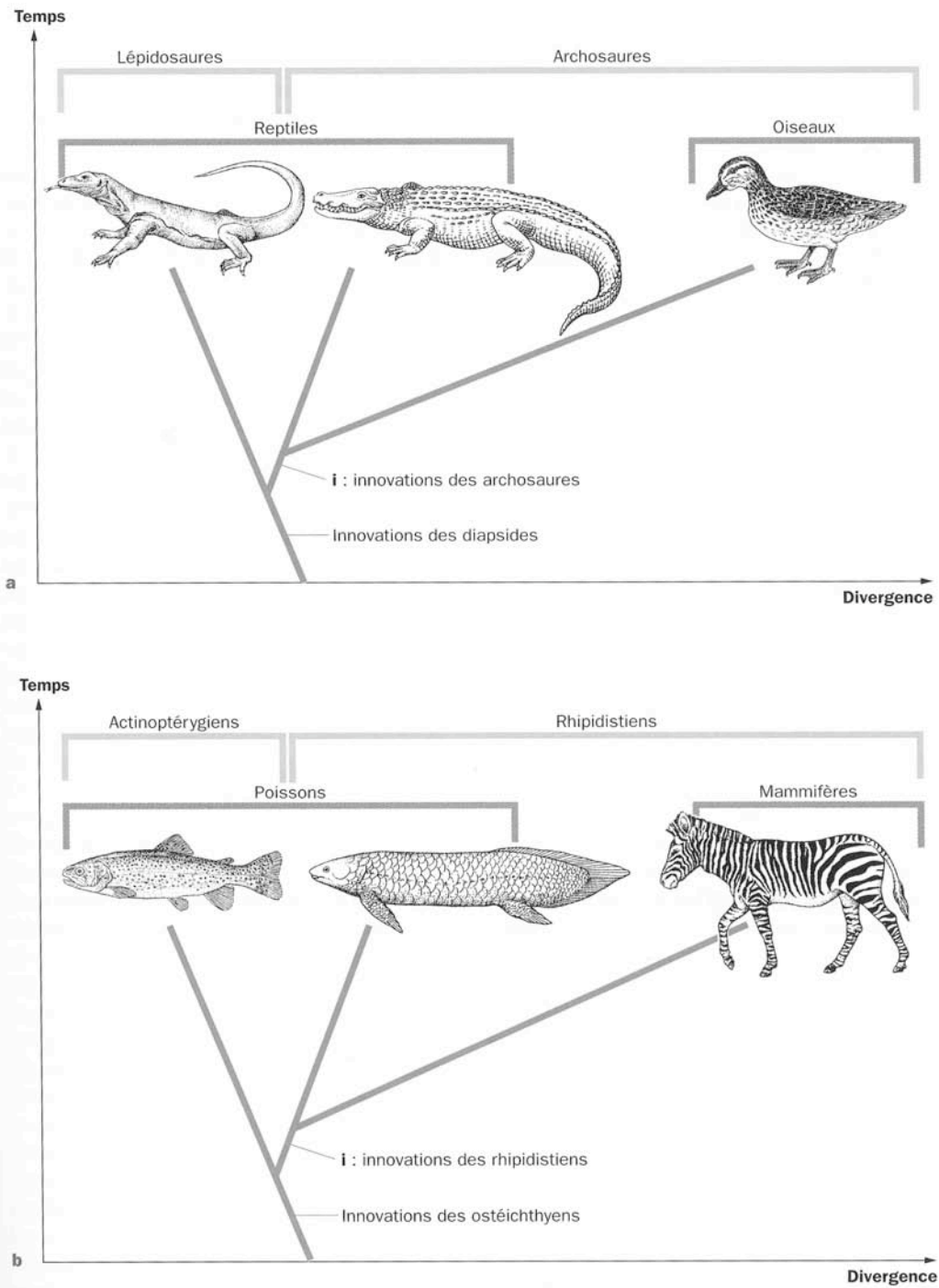
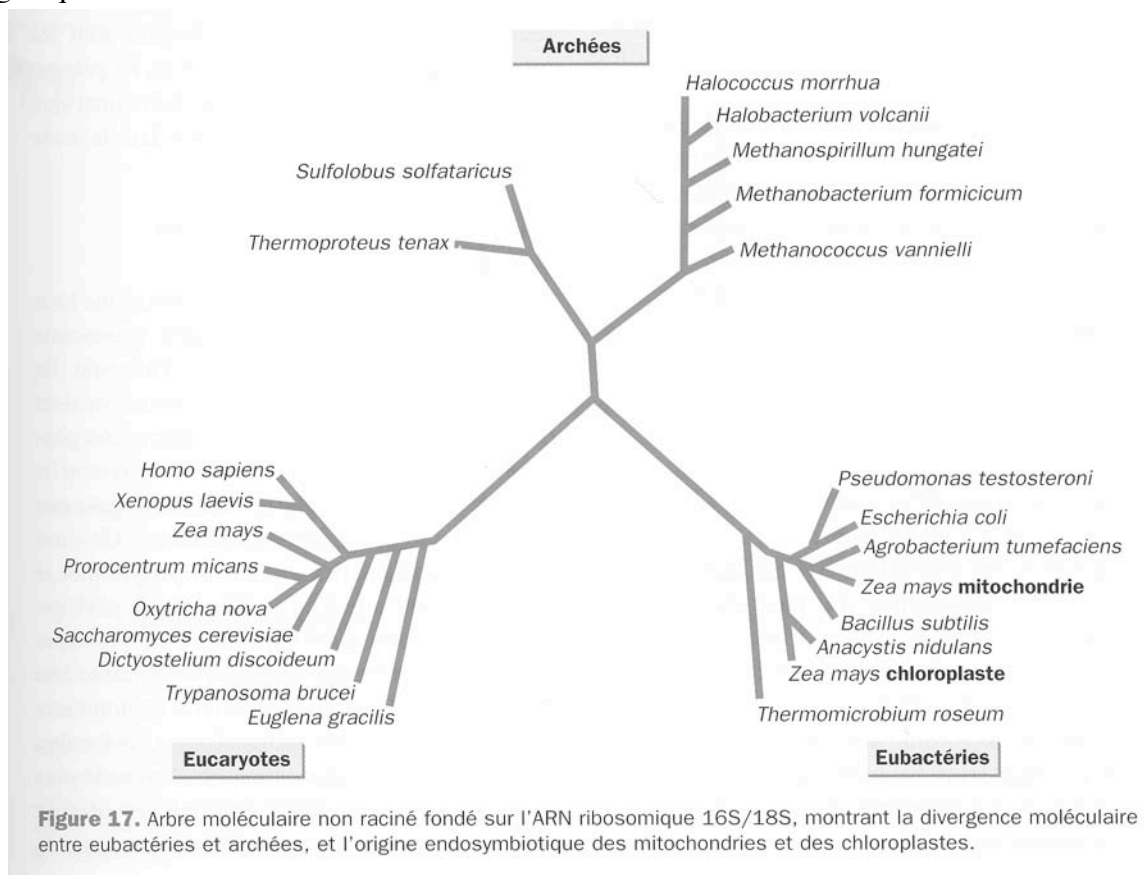


Figure 2. La classification sur l'apparement résultant de la systématique phylogénétique (cladistique) s'oppose à la classification fondée sur la similitude globale (phénétique) ou fondée sur l'adaptation (systématique éclectique).
a : le varan de Komodo (*Varanus komodensis*) ressemble globalement à un crocodile (*Crocodylus niloticus*), l'oiseau (*Anas querquedula*) ne ressemble ni à l'un ni à l'autre. Pourtant, l'oiseau partage des caractères exclusifs avec le crocodile qu'il ne partage pas avec le varan : ce sont des innovations ou synapomorphies (i). Une classification fondée sur la ressemblance globale, ou bien voulant souligner le « saut adaptatif » des oiseaux rassemblera varan et crocodile dans les reptiles et laissera l'oiseau à part. Une classification fondée sur l'ascendance commune (cladistique, couleur) classera crocodile et oiseau dans les archosaures et laissera le varan dans les lépidosaures. **b :** même chose que précédemment : remplacer varan par truite (*Salmo trutta*), crocodile par dipneuste (*Neoceratodus forsteri*), oiseau par zèbre (*Equus zebra*), oiseaux par mammifères, reptiles par poissons, lépidosaures par actinoptérygiens et archosaures par rhipidistiens.

De même, le monde ne se divise plus en eucaryotes (avec un noyau) et procaryotes (sans noyau), mais en archées, eubactéries et eucaryotes. Les 3 domaines sont à égale distance phylogénique les uns des autres.



3.4. Et si Lamarck n'avait pas tout à fait tort ?

Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), créateur de la théorie de l'hérédité des caractères acquis a été décrié jusqu'à aujourd'hui. Selon lui, les individus étaient capables d'acquérir de nouveaux caractères durant leur existence et de les transmettre à leur descendance. Depuis Darwin, cette théorie a été considérée comme erronée. Cependant, des données récentes réhabilitent un peu Lamarck. En effet, il existe des gènes dits à empreinte maternelle ou paternelle. Leur expression sera modifiée chez l'enfant en fonction de la vie des parents. Ainsi, une restriction chez la femme enceinte enclenche chez le fœtus la modification de certains gènes afin d'économiser la nourriture. Les descendants de cette femme auront alors plus de chances de devenir obèses. De même, les descendants des irlandais ayant fui les famines sont plus enclins à développer un surpoids. Certains caractères acquis durant l'existence sont donc transmis.

L'essentiel

Darwin rédigea « De l'Origine des Espèces » et réussit là où tous les précédents avaient échoué : imposer l'idée d'évolution.

La théorie de l'évolution repose sur la sélection naturelle,

Le résultat de l'évolution par sélection naturelle est l'adaptation,

La variation génétique est à l'origine de changements aléatoires, non dirigés, qui seront ensuite retenus ou non par la sélection naturelle.

Selon Darwin, il n'existe que deux moteurs de l'évolution : la sélection naturelle et la sélection sexuelle.

Selon les théories actuelles, l'évolution n'est pas un phénomène continu, mais aurait lieu selon une alternance de stases (équilibres) et de changements.

En sciences naturelles, la science des classification est appelée systématique. Sa première tâche est l'identification, la description, l'inventaire des êtres vivants présents et passés. La seconde est leur classification, qui permet de rendre intelligible leur immense diversité.

La classification nourrit depuis 15 ans des débats brûlants qui opposent les traditionalistes et les cladistes.

Linné nous a légué le système binomial dans lequel chaque espèce est désignée par un nom de genre et un nom d'espèce.

La cladistique est basée sur l'étude des ressemblances, qui est maintenant largement utilisée.

Il s'agit d'établir des cladogrammes (arborescences) et de retrouver les parentés évolutives entre les êtres en les rassemblant en groupes monophylétiques (c'est à dire en groupes comportant un ancêtre commun et la totalité de ses descendants).

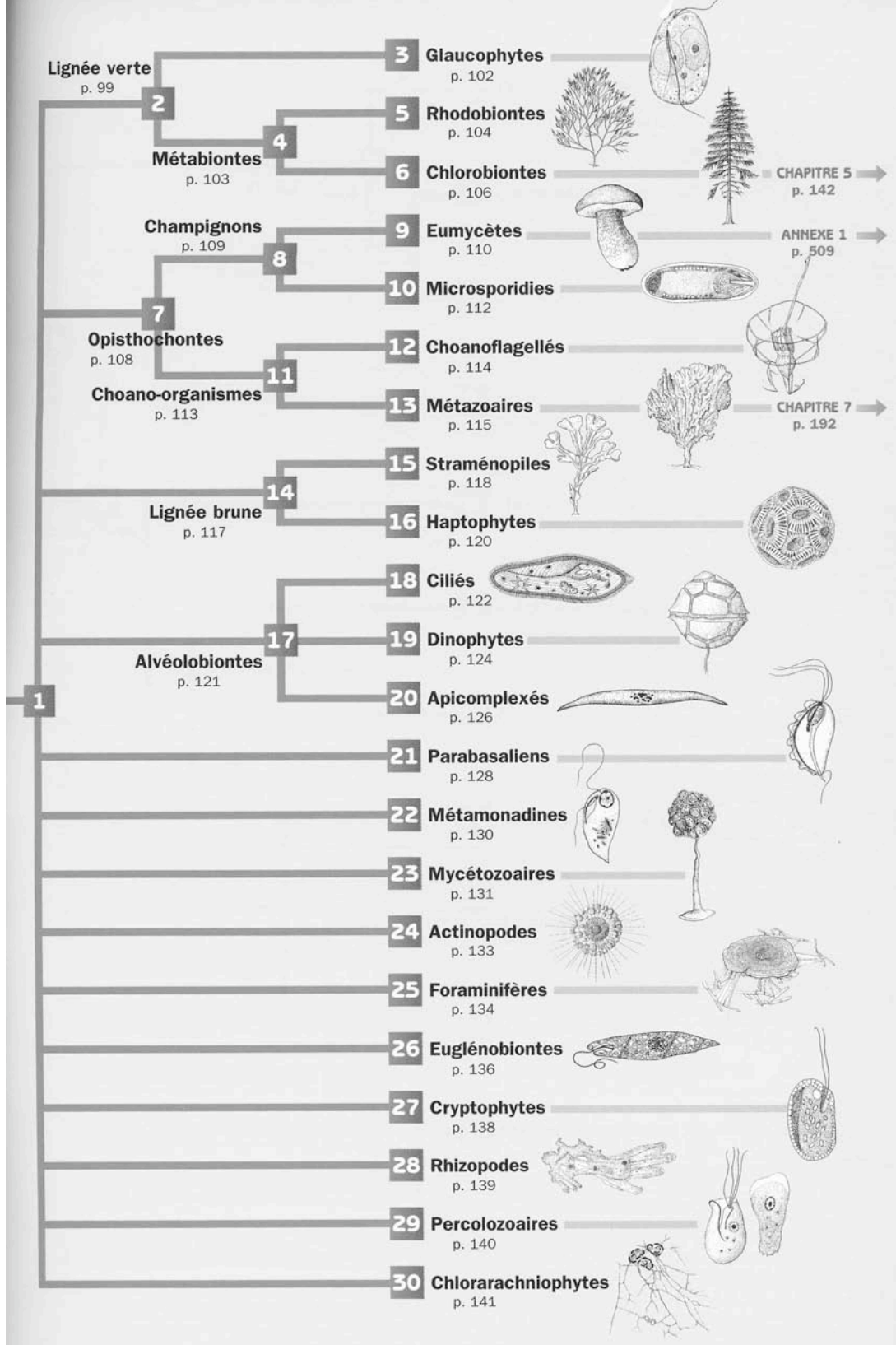
**L'évolution n'est pas un progrès.
L'évolution n'est pas orientée vers un but.**

Bibliographie :

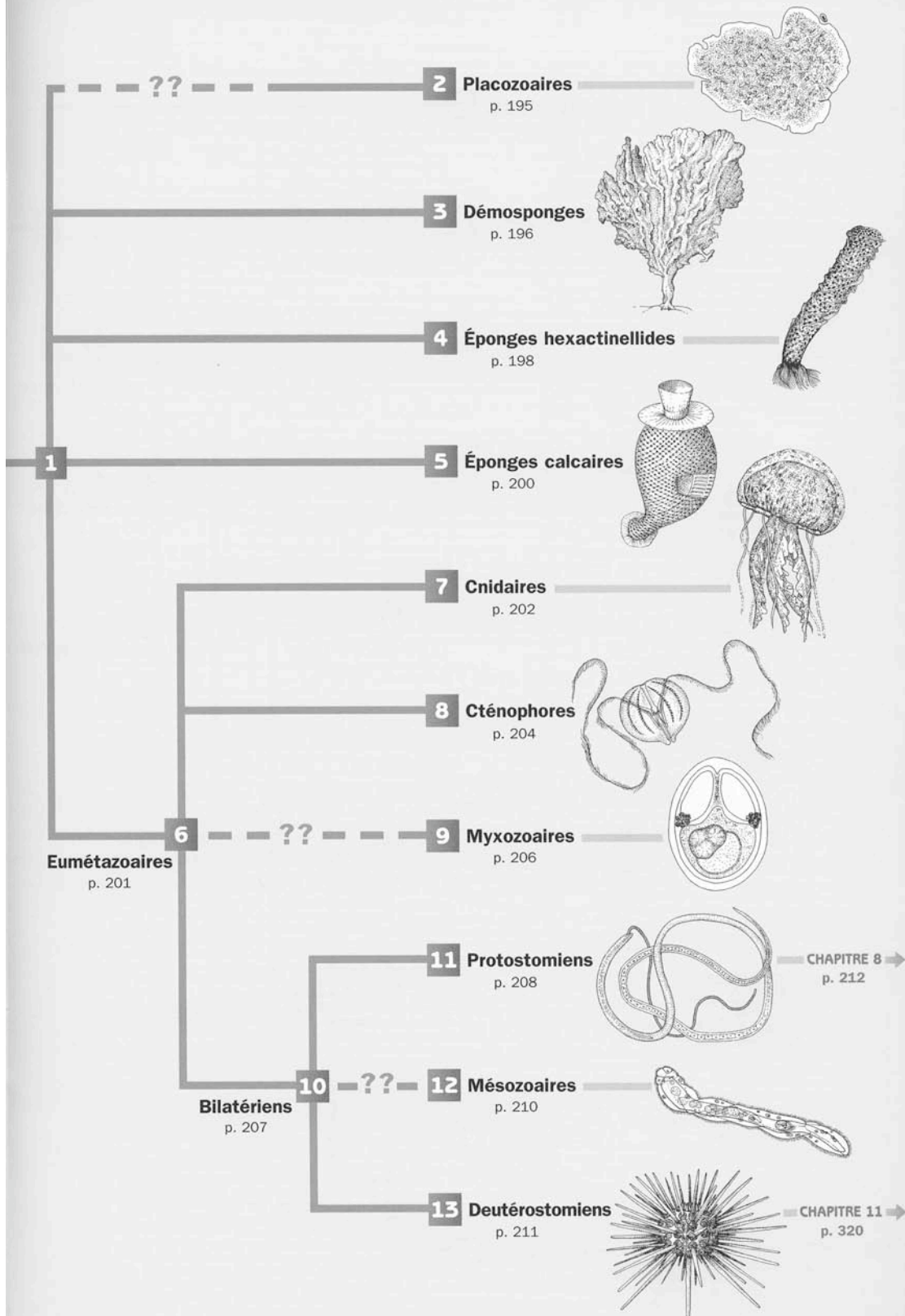
Classification phylogénétique du vivant, G.Lecointre et H.Le Guyader. Belin.

La vie : évolution et diversité, L.Gamblin et G.Vines. France Loisirs.

4. Eucaryotes



7. Métazoaires



11. Deutérostomiens

