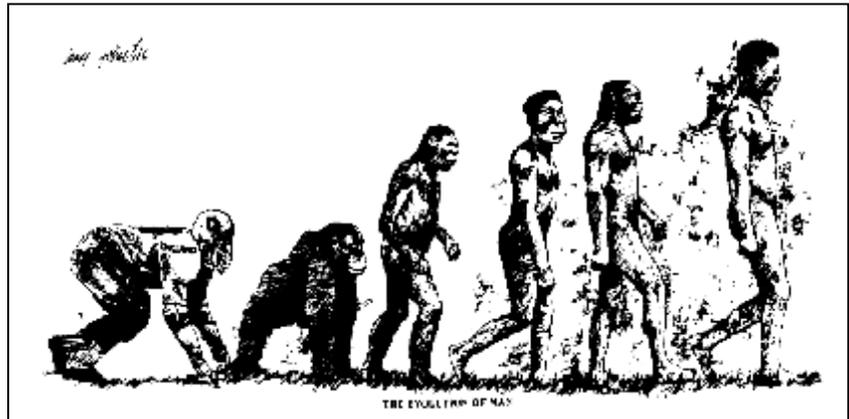


Term S

Enseignement
obligatoire

D'après *La Vie est belle* de
Stephen Jay Gould, éditions du
Seuil, 1991



L'Homme moderne est issu d'une évolution non linéaire mais bien buissonnante.

Parenté entre êtres vivants actuels et fossiles Phylogénèse et Evolution humaine

DOSSIER 3 - Sommaire :

I/ Rappels de seconde et de 1^{ères} S: l'origine commune du monde vivant et sa diversité ne s'expliquent qu'à la lumière de l'évolution

Les similitudes enregistrées aux niveaux des organismes (anatomie, axes de polarités), des cellules (noyau et autres organites, métabolisme, synthèse des protéines) et moléculaire (Adn universelle, code génétique) témoignent d'une origine du vivant commune. Les différences constatées entre les organismes, les espèces, les règnes sont le résultat d'une évolution à partir d'ancêtres communs. Seule la théorie de l'évolution propose une explication scientifique à cette origine commune du vivant et à leur filiation.

II/ Etablir une phylogénie c'est rechercher des liens de parenté

L'origine commune des espèces et leur filiation autorise la recherche et l'établissement de relations de parenté. Ces relations de parenté d'espèces actuelles et parfois fossiles sont étudiées par comparaisons de caractères homologues dérivés. La phylogénie est une représentation des relations de parentés sur laquelle les nœuds sont les ancêtres hypothétiques et les branches les liens évolutifs reliant les espèces actuelles ou fossiles.

III/ L'Homme dans le règne animal

L'Homme est un eucaryote, vertébré, mammifère, primate, hominoïde, hominoïdé, hominidé, homininé, hominine. La cladistique de l'homme est fondée sur la comparaison de caractères anatomiques, caryotypiques, moléculaires et comportementaux.

IV/ L'évolution de la lignée humaine est buissonnante

Les Hominines présentent des caractères dérivés liés à la bipédie, à une encéphalisation, à un allègement de la face et à une activité culturelle industrielle et/ou artistique. Plusieurs espèces d'Australopithèques et d'Homos ont vécu côtes à côtes en Afrique. Homo erectus est le premier à conquérir d'autres continents. L'Homo sapiens ou homme moderne serait une forme dérivée d'un Homo erectus africain qui aurait recolonisé l'ensemble de la planète. A l'appui de cette thèse des mesures de distances génétiques, d'autant plus grande que l'on s'éloigne géographiquement du continent africain

Samuel Remérand 2004

Introduction

L'histoire de la Terre est marquée par la réunion de conditions physico-chimiques propices à l'apparition de la vie. La Terre demeure la seule planète connue où existe une forme de vie organisée.

La place de la Terre par rapport au Soleil a permis à l'atmosphère d'avoir une température suffisamment basse pour provoquer la condensation de la vapeur d'eau. La baisse de la température du globe juste accréte, par dissipation de la chaleur terrestre, permis à l'eau de se condenser. **Des océans et un cycle de l'eau sont ainsi apparus.**

Des molécules prébiotiques (*oses* tel **le ribose**; *Acides aminés, protéines; acides nucléiques* tels **ATP, ADN et ARN**) se seraient accumulées dans les océans primitifs formant « la soupe primitive » à partir de laquelle la vie serait apparue. « **La vie est une propriété de la matière** ».

La synthèse de molécules organiques se serait produite dans les galaxies et/ou dans l'océan primitif. Le bombardement intense de météorites subi par la Terre au cours de ses premiers âges aurait pu apporter des quantités considérables de ces molécules organiques dans les océans primitifs et permettre l'émergence de la vie. Des molécules organiques seraient également apparues à partir des composants de l'atmosphère primitive grâce à l'énergie apportée par les orages, le rayonnement ultraviolet...

La formation des premières structures organisées, séparées du milieu extérieur par une enveloppe, une membrane, reste très hypothétique mais **a eu lieu en milieu aquatique. Il s'agissait sans doute d'êtres hétérotrophes**, vraisemblablement chimiotrophes, **utilisant comme métabolites les molécules de la soupe primitive** comme le suggère la découverte des écosystèmes des grands fonds ou oasis des profondeurs (qui correspondent à l'idée que se font les chercheurs des premiers écosystèmes terrestres)

Le fait majeur reste l'apparition, il y a - 3.8 GA, de la photosynthèse aérobie (absorption de CO₂ et rejet d'O₂) pratiquée sans doute par des cellules proches des cyanobactéries actuelles.

I/ Rappels de seconde et de 1^{ère} S : l'origine commune du monde vivant et sa diversité ne s'expliquent qu'à la lumière de l'évolution

I-1 La cellule montre une unité dans la diversité

☛ **La cellule est le plus petit élément autonome doué de reproduction du vivant.** Ces structures sont la base de tous les êtres vivants quel que soit leur règne : animal, végétal, champignon, protiste ou bactérie, qu'ils soient donc unicellulaire ou pluricellulaire, procaryote ou eucaryote (Doc. 1).

☛ **Toutes les cellules possèdent des points communs qui plaident en faveur d'une origine évolutive commune** (Doc. 2):

- **une membrane plasmique** qui délimite un compartiment intracellulaire ou **cytoplasme**, siège du métabolisme (ensemble des réactions chimiques aboutissant à la synthèse (anabolisme), ou à la dégradation (catabolisme) des molécules),
- **un noyau chez les eucaryotes** où se trouve l'information génétique, au niveau des chromosomes et plus précisément au niveau de fragments d'ADN constituant des gènes,
- **la mitose**, mécanisme qui permet de donner deux cellules filles au contenu génétique rigoureusement identique à la cellule mère, grâce à **la réplication semi-conservative**
- **les mécanismes de transcription-traduction lors de la synthèse des protéines**
- **le code génétique.**

☛ **Les différences observées entre les règnes sont dues** (Doc. 2):

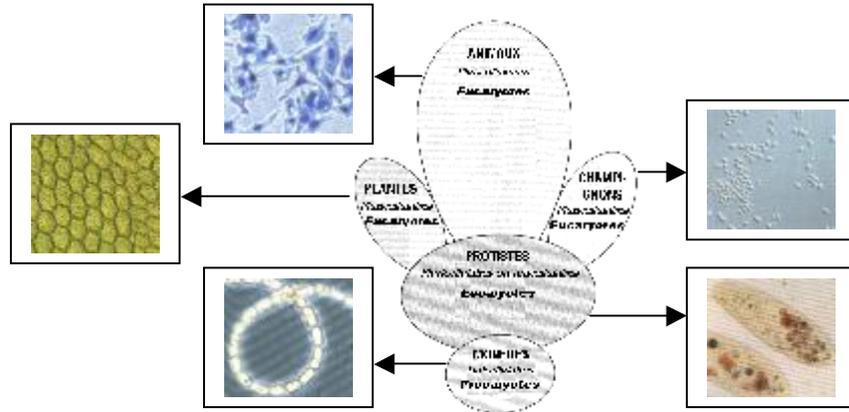
- à la présence ou l'absence de structures intracellulaires : **les végétaux possèdent des chloroplastes et des mitochondries** alors que **les animaux et les champignons ne possèdent que des mitochondries, les eucaryotes possèdent un noyau, absent des procaryotes.**
- à la présence ou l'absence d'un type de **métabolisme** particulier : les végétaux forment leur propre matière vivante à partir de matière minérale, ils sont qualifiés **d'autotrophes**, les animaux forment leur matière organique à partir de matière organique préformée ils sont **hétérotrophes.**

☛ Ainsi, chaque être vivant:

- est constitué au minimum d'une cellule ayant **des caractéristiques communes à la base de l'unité du vivant**
- montre **des spécificités** (présence de chloroplastes, métabolisme hétérotrophe ou autotrophe...), à **l'origine de la diversité du vivant.**

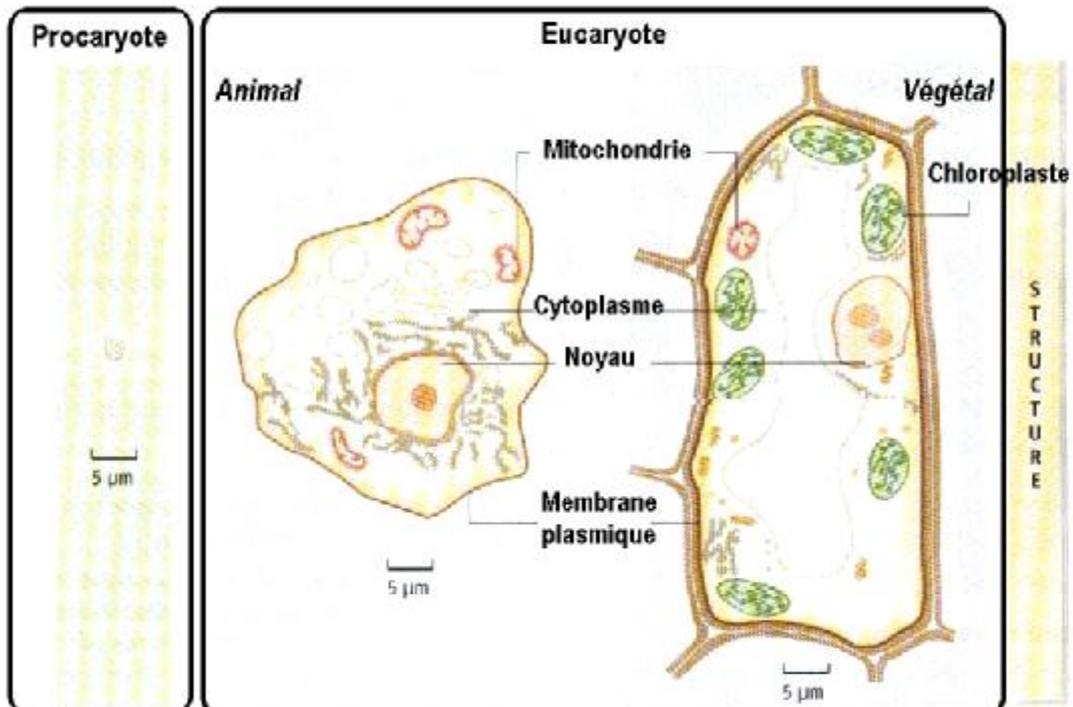
Doc. 1 : La cellule, plus petit élément autonome doué de reproduction du vivant est à la base de tous les êtres vivants quel que soit leur règne : animal, végétal, champignon, protiste ou monère.

D'après Le monde du vivant, Purves, éditions Sciences Flammarion, 1994, modifié Remérand 2002.



Doc. 2 : Toutes les cellules possèdent des points communs qui plaident en faveur d'une origine commune.

D'après 2^{de} SVT, Didier 2000, modifié Remérand 2002.



- Métabolisme autotrophe ou hétérotrophe
 - Mitose et réplication semi-conservative
 - Mécanisme de transcription-traduction lors de la synthèse des protéines avec code génétique commun
- ACTIVITÉ

I-2 L'ensemble des êtres vivants montrent une unité dans la diversité prouvant leur origine commune

☞ Les Vertébrés présentent des similitudes anatomiques qui se traduisent par un plan d'organisation commun (Doc. 3): *axes de polarité du corps* (symétrie gauche-droite, axes antéro-postérieur et dorso-ventral), *disposition similaire des principaux organes par rapport à ces axes* : cœur à gauche, deux reins et deux poumons de part et d'autre de l'axe gauche-droite...et « quantité d'organe » (1 cœur, 2 poumons...)

La mise en place de ces plans d'organisation (axes de polarité et positionnement des organes le long de ces axes) s'effectue **lors du développement embryonnaire en partie sous le contrôle de gènes apparentés** tels que **les gènes homéotiques**.

☞ Les similitudes enregistrées aux niveaux (Doc. 3):

- **moléculaire** (une molécule d'ADN universelle, un code génétique identique, des gènes communs comme les gènes du développement homéobox présents chez de nombreux vertébrés),
- **cellulaire** (toutes les cellules du monde vivant montrent un noyau, du cytoplasme, une membrane plasmique, un métabolisme autotrophe ou hétérotrophe, la capacité de se diviser par mitose, une réplication semi-conservative, la synthèse des protéines basée sur la transcription d'un ARN et la traduction ribosomale)
- **et des organismes** (plan d'organisation et position des organes)

plaident en faveur d'une origine commune de l'ensemble du monde vivant et donc en faveur de l'idée d'évolution.

I-3 L'évolution est la seule explication scientifique de cette unité et de cette diversité

L'unicité, la diversité et les changements morphologiques enregistrés au sein des espèces actuelles et fossiles au cours des temps géologiques ne peuvent s'expliquer que par la théorie de l'évolution (Doc. 4). Cette théorie explique la filiation entre les espèces c'est-à-dire comment à partir d'un ancêtre unique des espèces apparaissent, dérivant les uns des autres.

II/ Etablir une phylogénie c'est rechercher et hiérarchiser des liens de parenté

Tous les êtres vivants, actuels ou fossiles, ont donc **des liens de parentés plus ou moins étroits** que l'on tente de préciser en retraçant **leur histoire évolutive ou phylogénèse**, que l'on représente par un **arbre évolutif ou arbre phylogénétique** ou **phylogénie**.

L'établissement d'un arbre phylogénétique nécessite 4 étapes :

- **comparer des structures ou molécules homologues pour identifier des états différents**
- **construire une matrice-bilan des observations réalisées sur les caractères étudiés**
- **rechercher la polarité de ces états structures et molécules homologues en le codant dans la matrice**
- **construire l'arbre phylogénétique**

II-1 Les liens de parenté sont établis sur l'étude comparative de différents caractères homologues et leur polarité

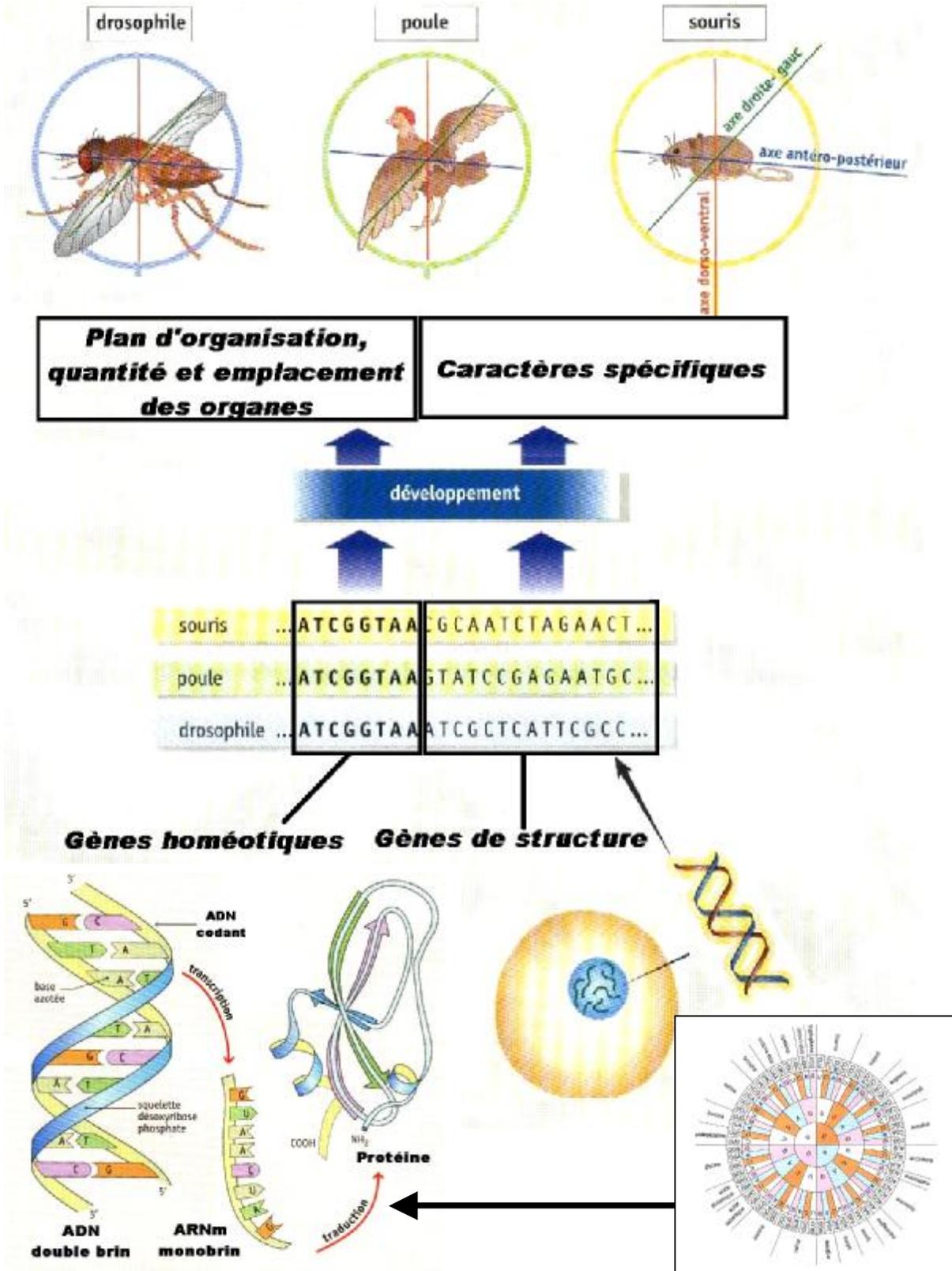
☞ L'établissement de relations de parenté entre les êtres vivants actuels et fossiles se fait par **comparaisons de caractères, d'attributs observables**.

☞ Les comparaisons entre *espèces actuelles* peuvent s'effectuer à partir de **caractères morpho-anatomiques, de développements embryonnaires et de séquences de protéines ou d'ADN homologues**. Très généralement, seuls les **caractères morpho-anatomiques sont utilisables pour la comparaison d'espèces actuelles avec des fossiles**, l'ADN et les protéines se conservent très mal et ne proviendraient que d'espèces récentes (Doc. 5).

☞ Les caractères observés et comparés *doivent être homologues*, c'est-à-dire **dériver, provenir de la même structure embryonnaire**. Si les ailes d'oiseaux et les membres supérieurs chez les hommes nous apparaissent intuitivement homologues, *les homologies ne sont pas toujours aussi évidentes*. Ainsi, la mâchoire des mammifères est formée par un seul os, le dentaire, par contre celle des oiseaux est formée de 4 os (dont le dentaire et l'articulaire). Les 3 os de différence entre les mâchoires mammalienne et avienne forment, chez les mammifères, la chaîne des osselets (marteau, enclume et étrier) dans l'oreille interne. Les os de la mâchoire des

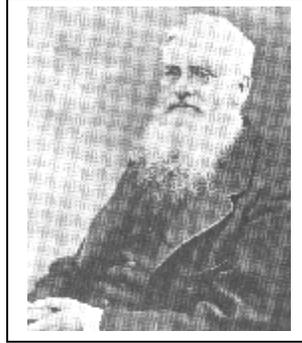
Doc. 3 : Tous les êtres vivants montrent des similitudes : aux niveaux moléculaire (ADN universel, gènes homéotiques, réplication semi-conservative, transcription-traduction), cellulaire (mêmes organites et métabolismes) et des organismes (plan d'organisation). Ces similitudes plaident en faveur d'une origine commune de l'ensemble du monde vivant et donc en faveur de l'idée d'évolution.

D'après 2^{de} SVT et Terms S, Didier 2000 et 2002, 1^{ère} S SVT Bordas 2002, modifié Remérand 2002.



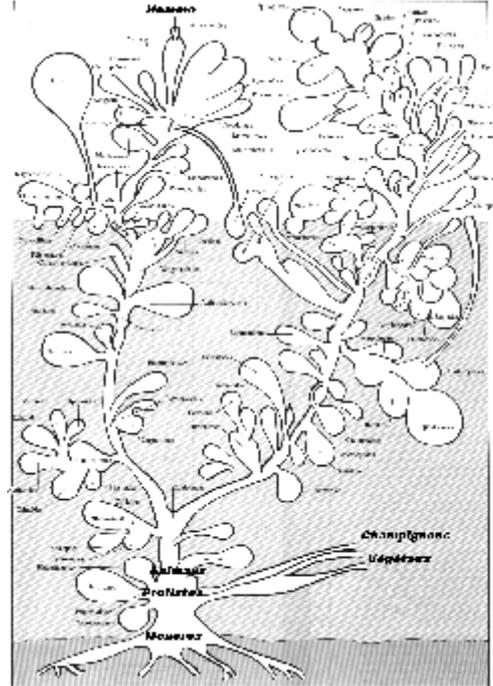
Doc. 4 : L'évolution est la seule théorie scientifique qui permettent d'expliquer l'origine commune des êtres vivants et leur filiation.

D'après Comprendre et enseigner la Planète Terre, éditions Ophrys 1992, modifié Remérand 2002.



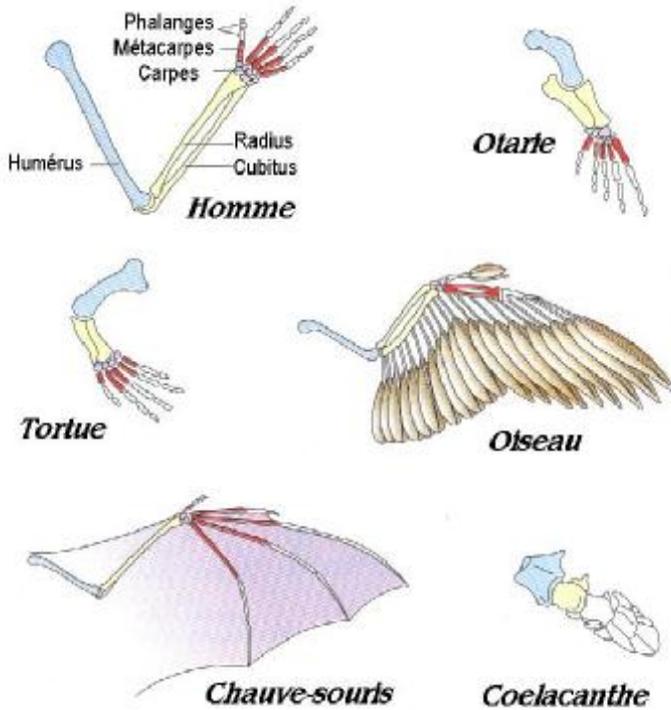
Darwin et Wallace, les pères de la théorie de l'évolution.

D'après Evolutionary Biology, Futuyma, éditions 1986.

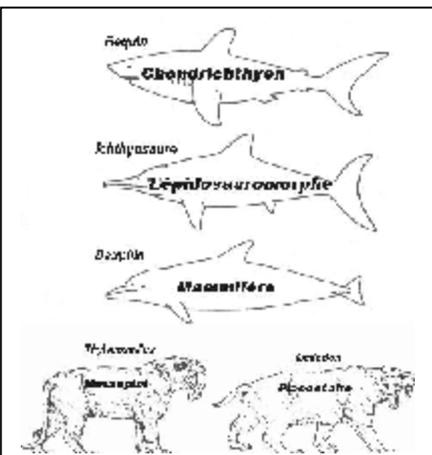


Doc. 5 : Les comparaisons entre espèces actuelles peuvent s'effectuer à partir de caractères morpho-anatomiques homologues. Attention aux similarités phénotypiques : analogies et convergences évolutives.

D'après Terms S, Bordas 2002, modifié Remérand 2002.

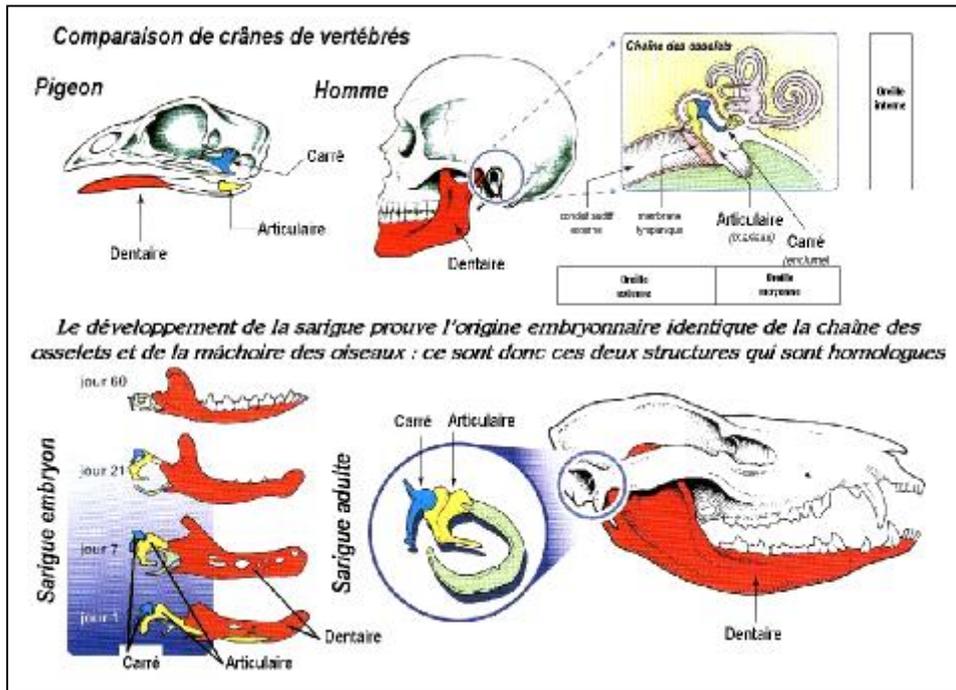


Organe analogue

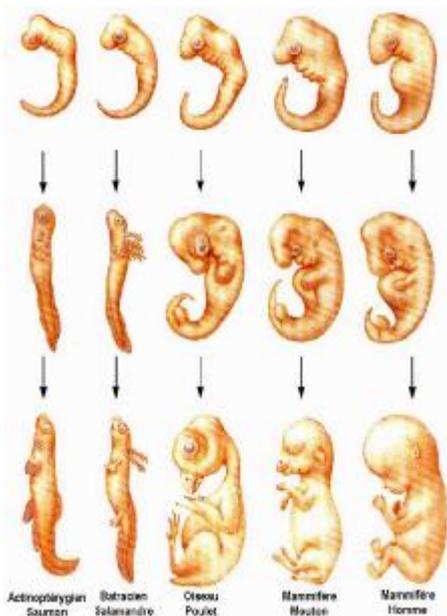


Convergences évolutives

Doc. 5 : Les comparaisons entre espèces actuelles peuvent s'effectuer à partir de caractères morpho-anatomiques, de développements embryonnaires et de séquences de protéines ou d'ADN homologues.
 D'après Terms S, Belin 2002, modifié Remérand 2002 et Dossier Evolution Pour la Science 1997.



Comparaison d'embryons

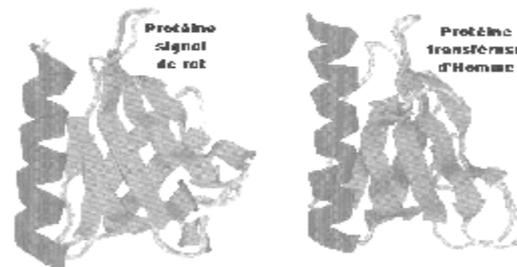


Comparaison de molécules non homologues

Rhodopsine Dauphin	Leu Asn Phe Tyr Val Pro Phe Ser Asn Ala Thr Gly Val Tyr
Enzyme A Homme	Ala Glu Tyr Phe Ser Val Pro Phe Asn Ser Val Thr Val Tyr
HLA Chat	Leu Val Pro Val Phe Tyr Ser Phe Thr Ala Asn Val Gly Tyr

Comparaison de rhodopsines

Homme	Pro Asn Phe Tyr Val Pro Phe Ser Asn Ala Thr Gly Val Val
Alligator	Pro Asp Phe Tyr Ile Pro Phe Ser Asn Lys Thr Gly Val Val
Grenouille	Pro Asn Phe Tyr Ile Pro Met Ser Asn Lys Thr Gly Val Asp
Poule	Gln Asp Phe Tyr Val Pro Met Ser Asn Lys Thr Gly Val Val



Comparaison de molécules ADNt partielles d'une globine

Homme	ATG GTG CTG TCT CCT GCC GAC AAG ACC AAC GTC AAG GCC GCC TGG GGT AAG
Crapaud	ATG AGT CTG ACA GCA GGG GAC AAA TCT GTG GTC AAT GCC TTC TGG GGC AAG
Canard	ATG GTG CTG TCT GGT GCT GAC AAG ACC AAC GTC AAG GGT GCT TTC TCC AAA

ancêtres lointains aux oiseaux et aux mammifères, impliqués dans la mastication, s'est transformée, en partie, en os impliqués dans la transmission des sons, chez les mammifères.

☞ Des structures comparables fonctionnellement mais à l'**origine embryonnaire différente** sont qualifiées d'**analogues** et ne doivent surtout pas être confondus avec les structures homologues, la phylogénie en serait totalement faussée (Doc. 5). Ainsi, les ailes des insectes ne dérivent pas des pattes comme c'est le cas chez les vertébrés oiseaux ou chiroptères (chauve-souris). Les ailes des insectes sont des structures d'origine totalement différente : insectes et oiseaux ne sont donc pas très proches. Attention également aux convergences évolutives : adaptations similaires à un milieu dues aux pressions de sélection du milieu !

☞ Pour les comparaisons moléculaires, c'est le **degré de ressemblance dans les séquences** c'est-à-dire le nombre ou % d'**acides aminés ou de nucléotides en commun**, qui soulignera l'**homologie** entre les molécules comparées : une forte parenté entre deux individus se traduit par de faibles différences dans la séquence de deux molécules homologues. Autrement dit, pour une même molécule homologue, plus le nombre de différence est grand, entre deux espèces, et plus la divergence ancêtre commun – espèces actuelles est importante et donc plus la séparation entre les deux espèces comparée remonte loin dans le temps. Ce qui signifie également que le nombre de différences est proportionnel au temps écoulé entre la séparation ancêtre commun – espèces actuelles.

Or pour raisonner ainsi, **il faut supposer que dans toutes les espèces, la vitesse d'évolution de la molécule étudiée est la même, qu'elle mute avec un rythme régulier et constitue ainsi une horloge moléculaire** (Doc. 6). Chaque molécule possédant son propre tic-tac. Des repères chronologiques déduits des fossiles peuvent étalonner cette horloge moléculaire. Sans cette hypothèse, les similitudes ou différences constatées au sein de cette molécule ne pourraient être utilisées et donc ne pourraient pas être traduites en liens de parentés. Or les arbres basés sur les comparaisons moléculaires sont vraisemblables. En effet, la confrontation des datations paléontologiques et des dates calculées et basées sur l'existence d'une horloge moléculaire sont cohérents pour un grand nombre de molécules, mais attention, pas toutes !

II-2 Seul le partage de caractères homologues dérivés témoigne d'une étroite parenté

☞ Les structures et molécules homologues subissent au cours de l'évolution des modifications. On distingue un **état ancestral ou primitif** du caractère homologue considéré, et un **état dérivé, issu de la transformation du caractère ancestral** (Doc. 7).

☞ La polarité (état primitif ou dérivé) des caractères anatomo-morphologiques homologues est souvent déterminée grâce aux **données paléontologiques** qui permettent de dater l'apparition de tel ou tel caractère, le caractère primitif devant être plus ancien que la forme dérivée (Doc. 8). Les **données embryonnaires homologues polarisent** également les caractères sachant que les **caractères généraux (primitifs) apparaissent avant les caractères spécialisés (dérivés)**. Quant aux **molécules homologues**, les acides aminés ou les nucléotides, bien que ne correspondant pas à des caractères à proprement parlé, **leurs similitudes seront** quant même **assimilées** en première approximation à un **degré de parenté**. Attention, les qualités de primitif et de dérivé sont relatives au groupe dans lequel on se trouve : les plumes sont dérivées par rapport aux écailles dans le groupe lézard-oiseau, mais elles sont primitives au sein des oiseaux !! La parenté entre individus est d'autant plus étroite que les organismes étudiés partagent un grand nombre de caractères dérivés.

II-3 La matrice de caractères : codage indispensable avant l'élaboration de l'arbre phylogénétique ou cladogramme

☞ La mise en commun des résultats issus des comparaisons moléculaires, embryologiques, anatomo-morphologiques, c'est-à-dire les **comparaisons de structures homologues et leur polarisation**, sert à l'établissement d'une **matrice de caractères**.

☞ Il est indispensable de définir d'un **organisme référentiel** qui servira à raciner l'arbre (Doc. 9).

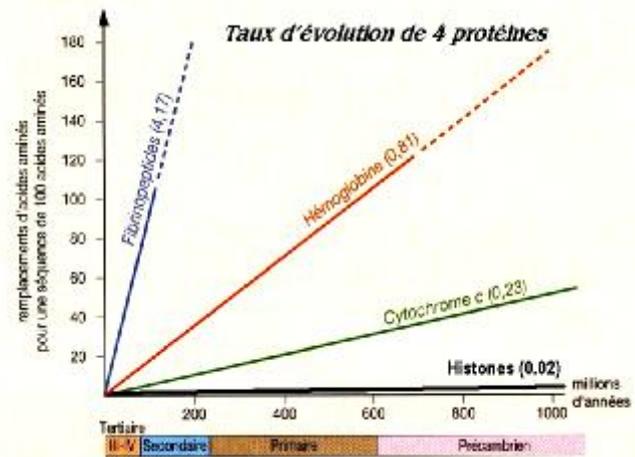
☞ La matrice permet de regrouper les états ancestraux et dérivés de caractères et de les coder. On note par convention (Doc. 9):

- 0 si le caractère étudié est identique au caractère ancestral, dans l'organisme référentiel,
- 1 si le caractère étudié est différent du caractère ancestral ce qui correspond finalement à une innovation par rapport à ce que l'on trouve chez l'organisme référentiel et donc apparaît comme un état dérivé.

Plus les espèces cumulent de points deux à deux, c'est-à-dire plus elles partagent de caractères dérivés, plus elles sont proches les unes des autres.

Doc. 6 : Pour utiliser les données moléculaires on suppose que plus il y a de différences entre espèces et plus il s'est écoulé de temps depuis leur séparation. Pour être valable, cette hypothèse de travail suppose également que dans toutes les lignées, le nombre de mutation de la molécule étudiée est proportionnel au temps écoulé. Autrement dit que la vitesse d'évolution de la molécule considérée est la même au cours du temps, que la molécule mute avec un rythme régulier et constitue ainsi une horloge moléculaire. Des repères chronologiques déduits des fossiles peuvent étalonner cette horloge moléculaire.

D'après Terms S, Nathan 1994, modifié Remérand 2002.



Doc. 7 : La polarité des caractères consiste à déterminer pour un caractère s'il est ancestral ou dérivé, primitif ou nouveau à partir d'un organisme référentiel considéré, a priori, comme éloigné des espèces à étudier. La polarité est souvent déterminée par l'analyse des fossiles datés.

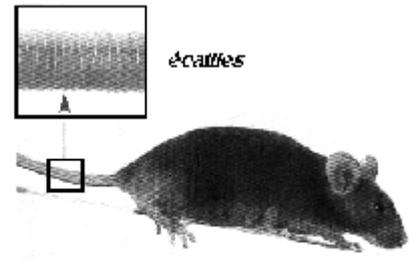
D'après Terms S, Bordas 2002, modifié Remérand 2002.



écailles de lézard



*écailles et plumes d'aigle
Phanères- formations épidermiques*

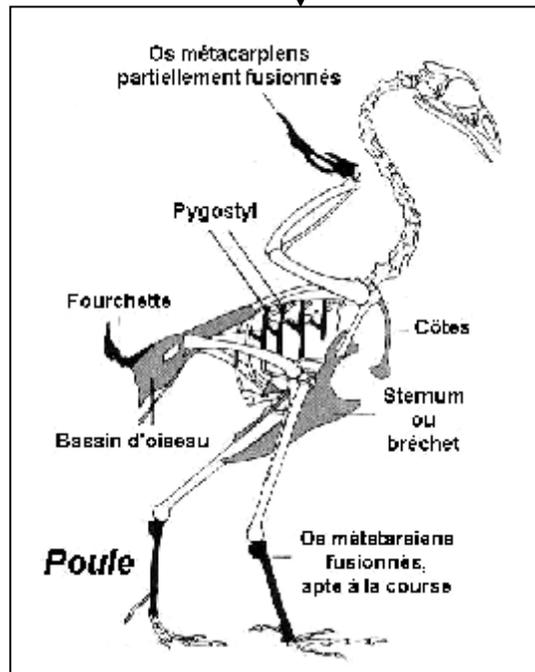
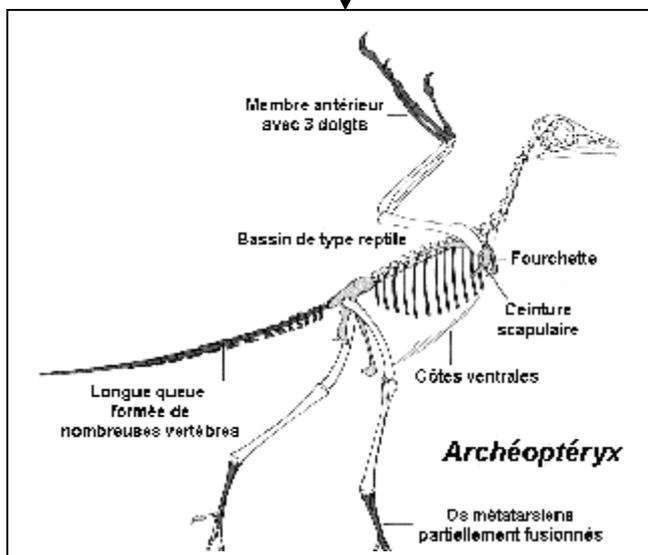
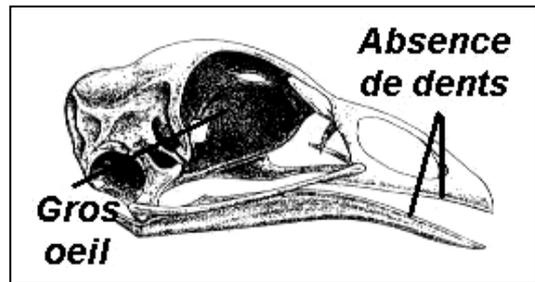
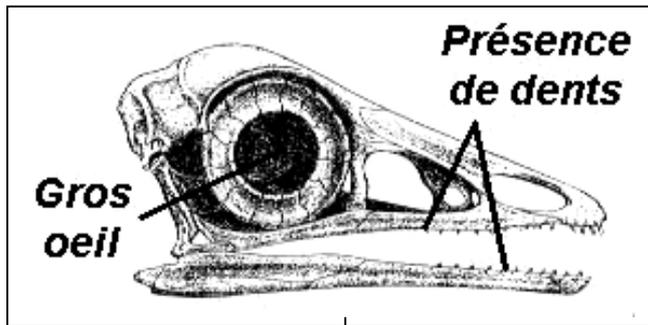
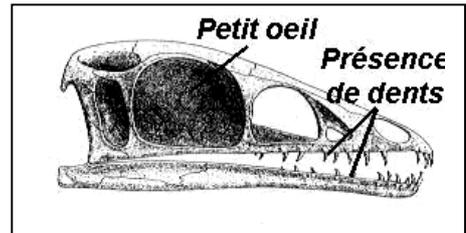
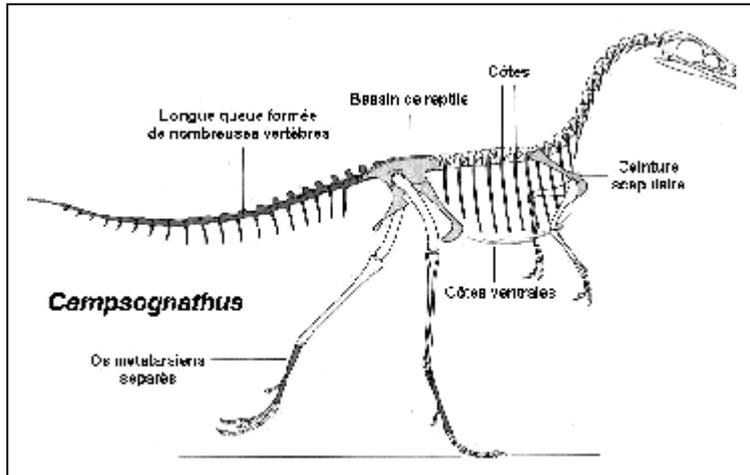


poils de souris

L'aigle et la souris possèdent un état ancestral et un état dérivé du caractère écaille.

Animal	Lézard Ancêtre daté de - 240 Ma	Aigle Ancêtre daté de - 150 Ma	Souris Ancêtre daté de - 200 Ma
Etat ancestral	Ecaille	Ecaille	Ecaille
Etat dérivé	-	Plume	Poil

Doc. 8 : Les fossiles aident à polariser un caractère, à déterminer s'il est ancestral ou dérivé, primitif ou nouveau, et à dater l'apparition d'une innovation. Les embryons également polarisent les caractères, sachant que les caractères généraux, primitifs apparaissent avant les caractères spécifiques, dérivés.
D'après « Pour la Science », N°147, janvier 1990, Remérand 2001.



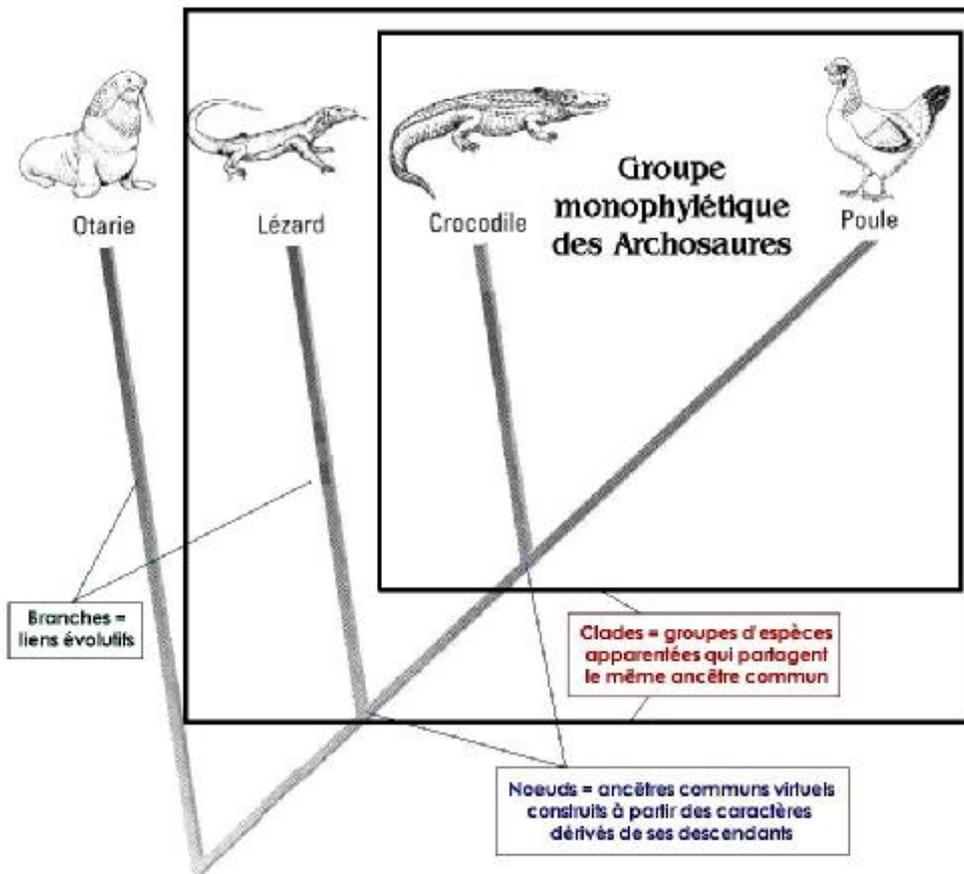
Doc. 9 : Matrice de caractères et arbre phylogénétique obtenus par comparaisons de structures homologues chez une otarie (organisme référentiel), un lézard, un crocodile et une poule.

<i>Caractère</i>	<i>Etat primitif</i>	<i>Etat dérivé</i>
Fosse temporale	Une	Deux
Fenêtre mandibulaire	Absente	Présente
Nombre de doigt d'appui du pied	5	3 et le 4^{ème} vers l'arrière
Plumes rémiges	Absentes	Présentes
Dents	Présente	Absente
Bréchet	Absent	Présent

<i>Caractère</i>	<i>Otaria (référentiel)</i>	<i>Lacerta</i>	<i>Crocodylus</i>	<i>Gallus</i>
Fosse temporale	0	1	1	1
Fenêtre mandibulaire	0	0	1	1
Nombre de doigt d'appui du pied	0	0	0	1
Plumes rémiges	0	0	0	1
Dents	0	0	0	1
Bréchet	0	0	0	1

Les nœuds représentent des ancêtres hypothétiques (êtres virtuels reconstruits à partir des caractères dérivés connus chez les descendants, restés inconnus a sein des gisements fossilifères), les branches représentent la filiation entre les espèces actuelles et /ou fossiles, les liens évolutifs. Chaque nouvelle branche doit être justifiée par l'apparition d'une nouveauté évolutive. Un ancêtre et sa descendance forment un groupe monophylétique.

D'après Terms S, Belin 2002, modifié Remérand 2002.



II-4 Une représentation des liens de parenté : l'arbre phylogénétique

☞ L'arbre phylogénétique est une forme de représentation qui traduit les relations de parenté entre un ensemble d'êtres vivants, actuels et/ou fossiles. Plus le nombre de caractères dérivés et partagés est important et plus les liens de parentés entre deux espèces sont étroits car elles ont un ancêtre commun exclusif qui a été le premier à montrer le ou les caractère(s) dérivé(s) qu'elles possèdent également. Les autres espèces possèdent le caractère à l'état primitif et sont de ce fait plus éloignées phylogénétiquement.

☞ On distingue le dendrogramme (arbre neutre) du cladogramme issu de la cladistique qui exprime les liens évolutifs. Le phylogramme est un cladogramme dont les longueurs sont proportionnelles au temps, à la divergence entre groupes. Les représentations obliques ou orthogonales sont équivalentes.

☞ L'arbre utilise deux composantes essentielles : les nœuds et les branches (Doc. 9).

- Un nœud correspond à l'ensemble des derniers ancêtres communs hypothétiques à partir desquels deux espèces ont émergé, l'une conservant le caractère ancestral, l'autre montrant une innovation génétique, un caractère dérivé par rapport au caractère ancestral étudié. Les caractères communs et partagés par toutes les espèces d'un groupe sont ainsi hérités d'une espèce ancestrale commune. Ces ancêtres communs restent hypothétiques car ils ne sont pas connus véritablement et ne correspondent donc pas à des espèces fossiles précises ! En effet, ces ancêtres communs hypothétiques sont virtuels et reconstruits par l'addition des états dérivés des caractères partagés par l'ensemble de ses descendants qualifiés de groupe monophylétique. Dans la mesure où, comme le soulignait Darwin, les descendants sont forcément différents de leurs ancêtres (ceci est le sens même de l'évolution !), il n'y a pas moyen d'identifier à coup sûr, sur des critères descriptifs, cet ancêtre parmi les fossiles retrouvés, on ne peut que le reconstruire intellectuellement. Une espèce fossile ne peut donc pas être considérée comme la forme ancestrale à partir de laquelle se sont différenciées les espèces postérieures.
- Les branches représentent les liens évolutifs qui relient les nœuds et aboutissent à des étapes évolutives connues : espèces actuelles ou fossiles répertoriées. Chaque nouvelle branche doit être justifiée par l'apparition d'une nouveauté évolutive, apparue chez un organisme et transmise à tous les descendants, au sein de cette nouvelle branche et des branches qui en partent, en dérivent.

☞ D'autre part, parmi les multiples arbres possibles on optera toujours pour l'arbre qui nécessite le moins d'hypothèses (le moins d'innovations), l'arbre le plus court. C'est la règle de la parcimonie basée sur le caractère improbable des changements évolutifs (Doc. 10).

☞ La validité d'un arbre repose sur la multiplicité des caractères comparés (Doc. 11). Plus le nombre de caractères utilisés est élevé, plus l'arbre se rapproche de la parenté réelle des groupes étudiés. Une classification correspond à une théorie scientifique. Comme toute théorie scientifique, la classification proposée est réfutable, elle peut être remise en cause à tout moment avec l'incorporation d'une nouvelle donnée ou l'incorporation d'une nouvelle découverte (la découverte de plumes chez des dinosaures non affiliés aux oiseaux oblige les spécialistes à affiner leurs critères de classification, la rémige sera désormais un caractère dérivé propre aux oiseaux et non plus la plume !)

☞ L'utilisation de fossiles datés permet de replacer sur une échelle temporelle l'apparition de telle ou telle innovation morpho-anatomique, embryologique ou moléculaire (Doc. 12).

II-2 La recherche de parentés chez les vertébrés

☞ L'acquisition du plan d'organisation des vertébrés actuels (possession de vertèbres) semble acquis il y a 500 millions d'années. A partir de cette date plusieurs innovations ou caractères dérivés vont subdiviser les vertébrés (Doc. 13) :

- les rhipidistiens présentent, il y a 410 M.a., un poumon muni d'alvéoles et un cœur avec 2 oreillettes, séparant les actinoptérygiens (poissons à nageoires rayonnées) des autres vertébrés.
- les premiers tétrapodes munis d'un cou et de 4 membres chiridiens (humérus, radius-cubitus, carpes, métacarpes et phalanges/ fémur, tibia-péroné, tarses, métatarses et phalanges) apparaissent il y a 400 M.a. séparant les dipneustes (poissons à poumons fonctionnels) des autres vertébrés.
- l'amnios, poche remplie de liquide qui protège l'embryon de la dessiccation et des coups, et les amniotes voient le jour il y a 340 M.a. séparant les amphibiens des autres vertébrés.
- la présence d'une quille ventrale sous les vertèbres cervicales regroupe les sauropsides (-340 M.a) séparant les mammifères des autres vertébrés. Les poils et glandes mammaires caractéristiques des mammifères font leur apparition il y a 200 M.a.

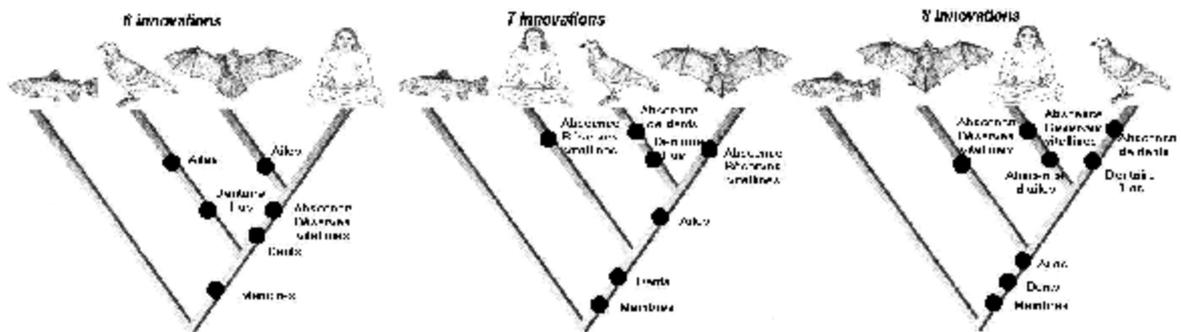
Doc. 10 : A partir de la matrice on obtient plusieurs arbres possibles. On retiendra toujours l'arbre le plus parcimonieux, celui qui nécessite le moins d'hypothèses.

Caractère	Etat primitif	Etat dérivé
Production de lait	Absente	Présence
Connexions des appendices pairs	Nageoire : pluribasale	Membre chirodien : monobasal
Amnios	Absent	Présent
Réserves de l'œuf	Abondantes	Pauvres
Ailes	Absence	Présence
Os articulaire et os carré	Dans la mandibule	Dans l'oreille moyenne

Caractère	Truite (référentiel)	Chauve-souris	Pigeon	Homme
Production de lait	0	1	0	1
Connexions des appendices pairs	0	1	1	1
Amnios	0	1	1	1
Réserves de l'œuf	0	1	0	1
Ailes	0	1	1	0
Os articulaire et os carré	0	1	0	1

Arbre phylogénétique obtenu par comparaisons de caractères homologues chez une truite (organisme référentiel), un pigeon, une chauve-souris et un homme.

D'après Terms S, Belin 2002, modifié Remérand 2002.

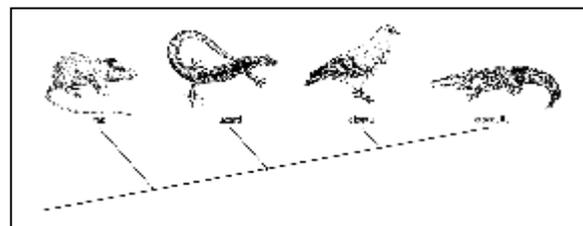
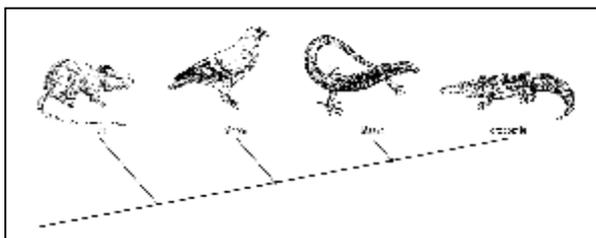


Doc. 11 : La validité d'un arbre repose sur la multiplicité des caractères comparés.

D'après Terms S, Didier 2002, modifié Remérand 2002.

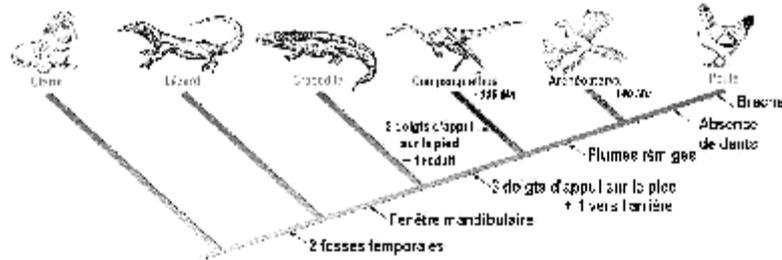
Caractère	Rattus	Colombia	Crocodylus	Lacerta
Ecailles	0	0	1	1
Oviviparité	0	1	1	1

Caractère	Rattus	Colombia	Crocodylus	Lacerta
Ecailles	0	0	1	1
Oviviparité	0	1	1	1
Membrane nictitante	0	1	1	1
Gésier	0	1	1	0



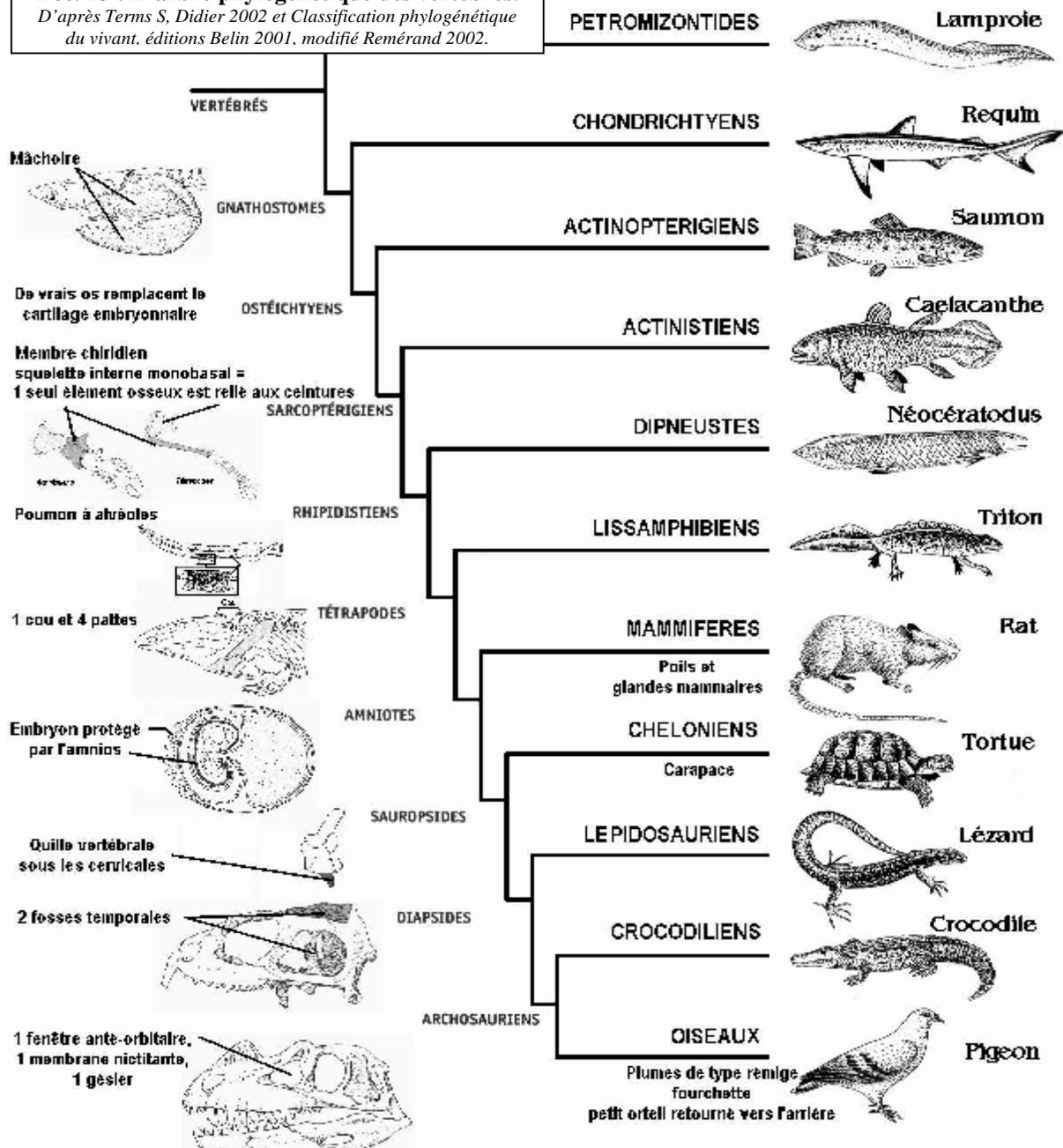
Doc. 12 : Les fossiles permettent d'une part de multiplier les caractères comparés et donc de consolider la validité d'un arbre et d'autre part de dater l'apparition des caractères dérivés.

D'après Terms S, Belin 2002, modifié Remérand 2002.



Doc. 13 : L'arbre phylogénétique des vertébrés.

D'après Terms S, Didier 2002 et Classification phylogénétique du vivant, éditions Belin 2001, modifié Remérand 2002.



- l'existence, au niveau du squelette crânien, de deux fosses temporales (une supérieure et une inférieure) en arrière de l'orbite chez les diapsides (-210 M.a) séparent *les chéloniens* (tortues) des autres vertébrés. Chez les tortues la présence d'une carapace dorsale est typique.
- la présence d'une nouvelle fenêtre crânienne en avant de l'orbite, d'une membrane nictitante et d'un gésier chez les archosaures sépare *les lépidosaures* (lézards, serpents et varans, il y a 250 M.a) des autres vertébrés.
- enfin, au sein des archosaures, *les oiseaux* se différencient (il y a 150 M.a) *des crocodiliens* par la présence de plumes (rémiges), d'un orteil orienté vers l'arrière et d'une fourchette.

☞ Avec cette nouvelle approche de la représentation de l'histoire évolutive du vivant, basée sur les mécanismes évolutifs : innovation génétique et partage de caractères hérités, la subdivision traditionnelle des vertébrés en 5 classes (poissons, batraciens, reptiles, oiseaux et mammifères) est caduque car erronée. En particulier, les reptiles qui ne forment pas, dans la représentation classique, un groupe monophylétique, ne doivent plus figurer en tant que tel sur un arbre basé sur le partage de caractères dérivés avec tous les descendants de ce groupe. En effet, les crocodiles possèdent **en commun et seulement** avec les oiseaux une *fenêtre crânienne en avant de l'orbite, un gésier, une membrane nictitante* (membrane oculaire transparente)... **Crocodiles et oiseaux forment un groupe monophylétique**, alors que **les crocodiles, les lézards, les serpents et les tortues regroupés dans les reptiles ne le forment pas** (groupe paraphylétique : groupe incomplet car ils possèdent bien le même ancêtre commun mais il manque les oiseaux). Un problème similaire se pose avec le groupe des poissons polyphylétique (ils ne possèdent pas d'ancêtre commun proche).

III/ L'Homme dans le règne animal

III-1 La place de la lignée humaine dans le règne animal

☞ La place de l'Homme dans le règne animal a été précisée par l'analyse de données morpho-anatomiques, embryonnaires, caryotypiques, moléculaires et comportementales.

☞ **Les différents caractères** morpho-anatomiques, embryonnaires, chromosomiques, moléculaires... **présents chez l'Homme sont apparus successivement au cours de l'Histoire des êtres vivants**. Les caractères les plus anciens sont partagés avec de nombreux êtres vivants, les plus récents sont, par contre, partagés avec moins d'espèces, plus proche de nous.

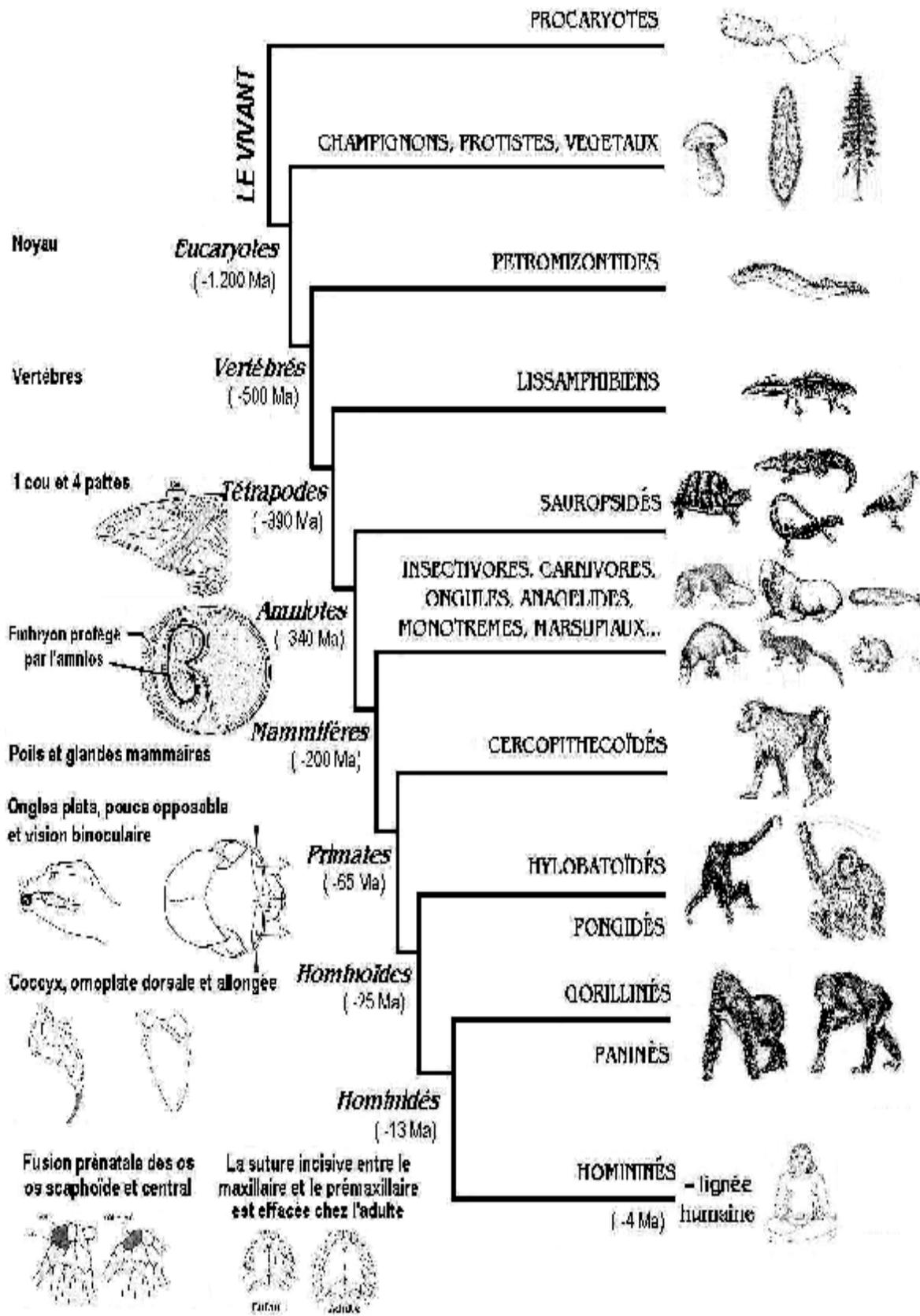
☞ L'Homme est (Doc. 14):

- **un eucaryote** (les premières formes datent de - 1.200 M.a), ses cellules présentent *des organites*, des compartiments comme le noyau, l'appareil de Golgi, les mitochondries...
- **un vertébré** (-500 M.a) avec un squelette qui rigidifie le corps,
- **un tétrapode** (-390 M.a), il possède *un cou* et *4 membres* (2 supérieurs et 2 inférieurs) tous *munis de doigts*,
- **un amniote** (-340 M.a) car il se développe à partir d'une annexe embryonnaire, *l'amnios*, qui le protège des coups et surtout de la dessiccation
- **un mammifère**, dont les premiers sont apparus il y a 200 M.a.. Ils ont tous en commun *des glandes mammaires et des poils*
- **un primate** (-65 M.a) avec *son pouce opposable* aux autres doigts permettant la préhension, *des ongles plats, une vision binoculaire et un cerveau très développé*,
- **un hominoïde** (-25 M.a) car il ne possède pas de queue mais un *coccyx et une omoplate dorsale et allongée* comme les autres singes anthropomorphes gibbons, orangs-outans, gorilles et chimpanzés,
- **un hominidé** (-13 M.a) avec, *dans le squelette de la main, la fusion prénatale entre l'os central et l'os scaphoïde*, comme les gorilles et les chimpanzés,
- **un homininé** (-4 M.a) avec *une suture incisive entre le maxillaire et le prémaxillaire effacée* chez l'adulte humain.

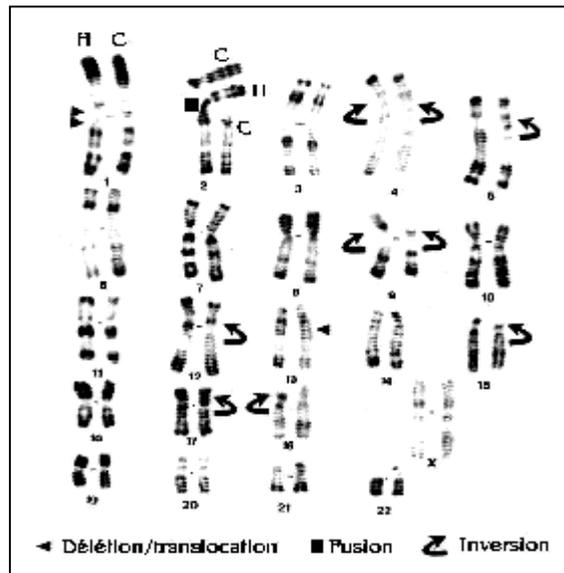
☞ La relation de parenté étroite entre l'Homme et les chimpanzés commun (*Pan troglodytes*) et nain (*Pan paniscus* ou Bonobo) ne résulte pas uniquement de l'observation de la fusion prénatale entre l'os central et l'os scaphoïde, mais également de **phylogénies caryotypique et moléculaires** basées sur la comparaison de 45 gènes indépendants : 75% d'entre eux soutiennent une parenté étroite entre les chimpanzés et l'Homme. En fait, 99% des génomes codant humains et chimpanzés semble communs. **D'un point de vue comportemental**, le Bonobo montre une activité sexuelle importante sans lien avec la procréation, pratiquent

Doc. 14 : L'arbre phylogénétique de l'Homme.

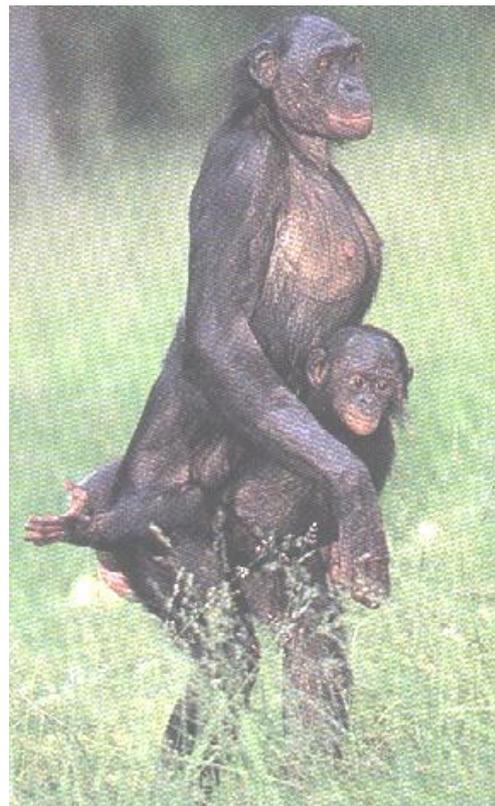
D'après Classification phylogénétique du vivant, éditions Belin 2001, modifié Remérand 2002.



Doc. 15 : La relation de parenté étroite entre l'Homme et les chimpanzés commun (*Pan troglodytes*) et nain (*Pan paniscus* ou Bonobo) résulte d'études d'anatomie comparée mais également de phylogénies caryotypique et moléculaires, et d'études comportementales.
 D'après SVT Term S Bordas 2002, modifié Remérand 2002.



D'après SVT
 Term S
 Hatier2002,
 modifié
 Remérand 2002.



des accouplements face-à-face et se déplacent volontiers sur leurs membres inférieurs lorsqu'ils sont au sol. **Ces caractères comportementaux font des Bonobos, l'espèce actuelle la plus proche de nous.** (C'est l'absence de fossiles qui obligent le recours à la biologie moléculaire et à l'éthologie pour la phylogénèse humaine).

Ainsi, bien que l'étude des grands singes soit primordiale pour comprendre notre histoire, il ne faut surtout pas commettre l'erreur de croire que ces primates sont nos ancêtres. **Nous ne descendons pas du singe, mais avons un ancêtre commun avec les singes actuels ! En effet, l'homme d'un côté et les grands singes de l'autre, même s'ils sont nos plus proches cousins, ont néanmoins depuis notre ancêtre commun, évolué indépendamment de nous et ils sont l'aboutissement d'une évolution singulière.**

☞ **Le partage de tant de caractères dérivés entre les Bonobos et les Hommes s'explique par un ancêtre commun proche. Le portrait reconstitué de cet ancêtre commun,** pourrait être celui-ci : 30-40 kg pour 1 mètre de haut, 300 à 400 cm³ de volume encéphalique, il vit dans un milieu arboricole et peut se déplacer debout temporairement. Les communautés d'individus sont composées de mâles dominants et dominés, de femelles et de jeunes. Ils peuvent utiliser des outils et transmettre leurs compétences à leur descendance. **Si l'ancêtre commun chimpanzé-homme semble avoir vécu entre -10 et -7 millions d'années et reste à découvrir, de nombreux fossiles nous renseignent sur la lignée des hominés.**

III-2 Les hominés ou les critères d'appartenance à la lignée humaine

☞ **On appelle lignée humaine toute l'histoire évolutive des hominés qui, à partir du plus récent ancêtre commun à l'Homme et au chimpanzé, conduit à l'Homme actuel.**

☞ Les caractères dérivés de la lignée humaine sont (Doc. 16) nombreux.

L'acquisition progressive des caractéristiques morphologiques, anatomiques, psychiques et culturelles propres à la lignée humaine est qualifiée d'hominisation. Le langage et plus encore l'écriture (et le rire pour certains philosophes) sont des caractéristiques spécifiquement humaines.

☞ Ainsi appartiendra à la lignée humaine :

- un fossile qui possède **au moins un** de ces **caractères dérivés**,
- **ou** toute trace fossile **d'une activité culturelle (industrie, art, rite funéraire).**

IV/ L'évolution de la lignée humaine est buissonnante

☞ A partir de l'analyse des fossiles et leurs datations (absolue et relative), on peut dégager le caractère progressif de l'hominisation, d'où le terme de **lignée humaine**.

☞ **L'Homme est le seul représentant actuel** de ce groupe des hominés.

☞ Plusieurs hominés ont vécu entre 6 millions d'années et 100.000 ans, époque où apparaissent les Homo sapiens, espèce à laquelle nous appartenons.

☞ Les hominés appartiennent à deux genres : **les Australopithèques et les Homo.**

IV-1 Les hominés les plus anciens : les Australopithèques ou "singes du sud"

☞ **Les caractères dérivés des Australopithèques** par rapport à leur ancêtre commun avec les chimpanzés **concernent essentiellement la bipédie** (Doc. 17).

☞ Ils présentent **une mosaïque de caractères simiesques, ancestraux, et humains, dérivés :**

- la petite taille, le volume encéphalique de 350 cm³ des premières formes d'australopithèques, la présence d'un diastème sur une mâchoire en U, la forme du thorax, du bassin et des genoux, la présence d'un gros orteil du pied opposable, sont des **caractères ancestraux, primitifs**
- leur posture verticale et leur **démarche bipède** (traces de pas fossiles de Laetoli), **des canines qui régressent**, et enfin une très légère augmentation de la taille du cerveau par rapport à la masse corporelle présumée chez les formes d'australopithèques plus récentes, sont **des caractères dérivés d'appartenance à la lignée des hominés**

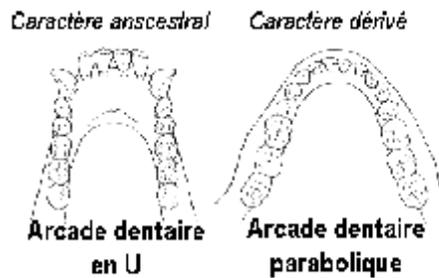
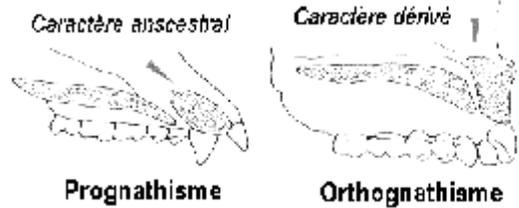
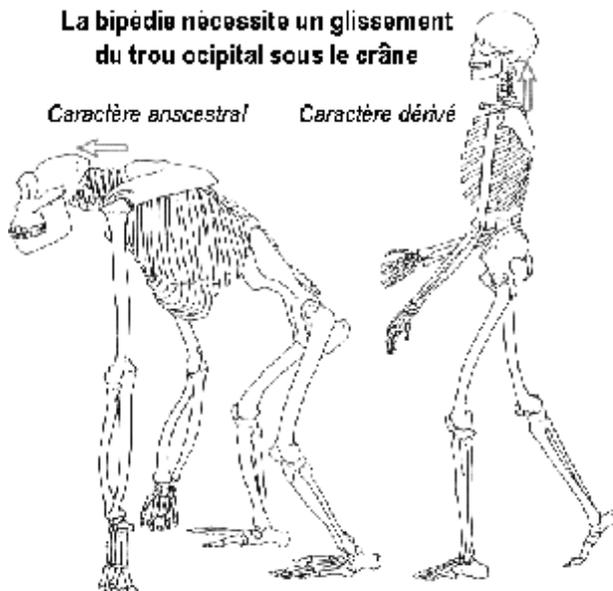
☞ Les australopithèques ont vécu entre **- 4 millions d'années** (*A. anamensis*) et **-1 million d'années** (*A. robustus*). Plusieurs espèces d'australopithèques étaient contemporaines *A. afarensis* (espèce fossile à laquelle appartient Lucy, âgée de 3.8 MA), *A. africanus*, *A. aethiopicus*, *A. boisei*...

Doc. 16 : Les critères d'appartenance à la lignée humaine ou caractères dérivés des hominés.

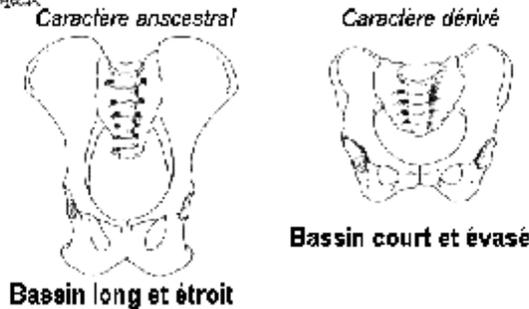
D'après Classification phylogénétique du vivant, éditions Belin 2001, modifié Remérand 2002.

Caractère primitif	Caractère dérivé
Quadrupède ou bipédie occasionnelle, le trou occipital est en position très reculée	La station bipède permanente avec un glissement du trou occipital sous la boîte crânienne
Volume encéphalique de 300 à 450 cm ³	Un développement important du volume crânien ou encéphalisation 450 à 1 600cm ³
Prognathie (avancée du prémaxillaire)	Une orthognathie (régression de la face, verticalisation du prémaxillaire)
Arcade dentaire en U avec des canines en forme de crocs chez les mâles et présence d'un diastème	Une arcade dentaire parabolique avec réduction des canines et disparition du diastème
Une cage thoracique en pyramide	Une cage thoracique en tonneau
Bassin long et étroit	Un bassin large et évasé
1 seule courbure de la colonne vertébrale, le fémur est droit, la démarche bipède, occasionnelle, est chaloupée	4 courbures de la colonne vertébrale pour un meilleur amortissement des chocs lors de la marche bipède, dont une courbure vers l'avant de la colonne vertébrale dans la région lombaire afin que le poids du corps porte directement sur la cavité cotyloïde et sur le fémur oblique, la démarche devient rectiligne
Allongement du membre antérieur (brachiation) par rapport au membre postérieur	Allongement du membre postérieur par rapport au membre antérieur et passage des membres inférieurs sous le corps afin de « centré » le poids du corps
Absence de voûte plantaire	Courbure de la voûte plantaire pour amortir la marche
Pouce du pied très écarté des autres doigts	Réduction du pouce du pied qui est dans l'alignement des autres doigts de pieds
Pouce de la main réduit	Allongement du pouce de la main pour une meilleure préhension
Absence de culture industrielle, supposant une technique complexe, et de manifestation artistique	Une culture industrielle (outils sophistiqués) et artistique (peintures, rites funéraires...)

La bipédie nécessite un glissement du trou occipital sous le crâne



Industrie, art pariétal et sépulture



Doc. 17 : Les homininsés les plus anciens sont les Australopithèques ou "singes du sud". Plusieurs espèces vécutent entre – 4 M.a et – 1 M.a.

D'après SVT Term S Nathan 2002, modifié Remérand 2002.



Australopithecus anamensis

Nom	<i>Australopithecus anamensis</i> = <i>Præanthropus africanus</i>
Localisation	Afrique de l'Est, Kenya (Kenya), Hadar
Âge	- 4,2 à - 3,9 Ma
Taille	1,30 m à 1 m 50 pour 45 kg
Capacité crânienne	600 à 800 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Denture montrant une alimentation omnivore • Organisation du cerveau (s.circonvolutions) plus proche de l'Homme que du Chimpanzé • B.pédie permanente
Particularités	- 2,6 Ma : plus anciens outils lithiques à Hadar
Milieu de vie	Régions boisées et savanes humides



Australopithecus africanus



Australopithecus afarensis



Empreintes de pas de *Laetoli*

Nom	<i>Australopithecus afarensis</i>
Localisation	Afrique de l'Est (Hadar, Laetoli, Maka, Omo, Koobi Fora)
Âge	- 3,8 à - 3 Ma
Taille	1,10 m pour 30 kg
Capacité crânienne	450 à 550 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Faible bourrelet sus-orbitaire • Face aplatie • Bipède mais grimpe couramment aux arbres
Milieu de vie	Savanes boisées et humides



Nom	<i>Australopithecus robustus</i> = <i>Paranthropus robustus</i>
Localisation	Afrique du Sud
Âge	- 2,2 à - 1,5 Ma
Taille	1,50 m pour 50 kg
Capacité crânienne	500 à 550 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Fortes mâchoires • Grosses molaires et prémolaires • Arcades zygomatiques très développées (muscles masticateurs puissants) • Crête sagittale très marquée • Bourrelet sus-orbitaire très prononcé • Bipède (et grimpeur)
Milieu de vie	Régions boisées et savanes



Paranthropus robustus



IV-2 Les premiers Hommes, les Homo

☉ **Les caractères dérivés des Homo** par rapport à leur ancêtre commun avec les Australopithèques concernent :

- la capacité crânienne qui ne cessent d'augmenter 750 cm³ à 1600 cm³,
- la réduction de la face, l'orthognathie est de plus en plus marquée et accompagnée d'un allègement du crâne (bourrelets sus-orbitaires, constrictions post-orbitaires plus ou moins présent en fonction des fossiles, finissent par disparaître),
- la réduction de la taille des dents et la disparition du diastème au sein d'une mâchoire parabolique,
- perfectionnement de la bipédie (glissement du trou occipital sous le crâne, bassin court et évasé permettant une bonne rotation du bassin et une retenue des viscères, genoux rentrant et voûte plantaire pour une meilleure stabilité et un amortissement des chocs dus à la marche),
- l'apparition d'une industrie (miniaturisation et spécialisation de l'industrie lithique),
- l'apparition de l'art et de rites funéraires.

☉ **Les plus anciens fossiles d'Homo (*Homo habilis*), sont datés de 2.5 millions d'années (Doc. 18).** Ils montrent une véritable augmentation du **volume crânien** qui passe de 450 cm³ à 750 cm³ et surtout **fabriquent les premiers outils : les galets aménagés, la Pebble Culture.**

☉ **Les *Homo erectus*, d'abord connu en Afrique** avec l'adolescent de Turkana âgé de 1.6 M.a., **forment un groupe très diversifié.** L'*Homo erectus* montre un développement cérébral important puisque le volume crânien, qui ne cesse de progresser, atteint 1100 cm³. **Le chignon occipital, le torus sus-orbitaire et la constriction post-orbitaire marqués, sont caractéristiques.** L'industrie se raffine encore et se diversifie, avec le passage du galet aménagé au biface par développement de la retouche bifaciale, témoignage d'une pensée conceptualisée de plus en plus poussée. **La maîtrise du feu**, il y a plus de 400.000 ans, tout en protégeant du froid (la conquête des pays moins chauds que l'Afrique devient possible), améliorant les techniques de chasse, tenant en respect les prédateurs et permettant la cuisson des aliments, alors plus faciles à manger, aurait rapproché aussi les hommes, leur donnant "l'occasion de raconter des histoires, de créer des mythes et des rituels, de décider des activités du lendemain". ***Homo erectus* est le premier émigrant du continent africain. On le retrouve en Afrique du nord, en Afrique du sud, au Proche-Orient, en Asie et en Europe (Doc. 18).**

☉ **Vers - 750.000 ans l'*Homo erectus* prendrait les traits, en Espagne, de l'homme de Néanderthal** (le premier a été découvert en 1848 à Gibraltar). Le plus ancien spécimen français est l'homme de Tautavel (- 450.000 ans), le dernier fut découvert à Saint-Cézaire (- 30.000 ans). L'homme de Neandertal mesurait 1.80m, pesait 90 kg et possédait une ossature plus développée. La capacité crânienne maximale de la lignée humaine est atteinte : 1600 cm³. **Les premières sépultures sont associées à ces hommes (Doc. 19).**

IV-3 L'origine des hommes modernes, Homo sapiens

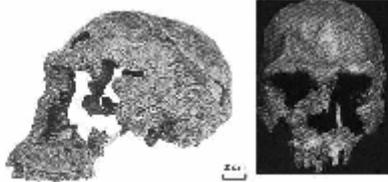
☉ **Les traces des premiers *Homo sapiens* datent de -100.000 à -200.000 ans au Proche-Orient.** Découvert en 1868, l'homme de Cro-Magnon, âgé de 30.000 ans, est le plus vieux représentant français de cette espèce. **Au niveau du crâne on remarquera, par rapport à son contemporain néanderthalien, la disparition du bourrelet sus-orbitaire et l'apparition de pommettes et d'un menton (Doc. 19).** La capacité crânienne des *Homo sapiens* était plus réduite que leurs contemporains néandertaliens avec 1500 cm³. Cette différence de volume cérébral n'empêcha pas l'*Homo sapiens* de poursuivre son évolution vers l'homme moderne, dont la morphologie et l'anatomie sont restés inchangés jusqu'à nos jours, tandis que l'*Homo neandertalensis* disparaissait vraisemblablement victime de sa spécialisation (alimentation carnée uniquement et disparition du gibier lors de la dernière glaciation) ou éventuellement par digestion génétique (hybridation).

☉ **Toutes les populations humaines actuelles** partagent les mêmes gènes, seules les **fréquences alléliques changent (Doc. 20).** Il n'existe pas de gène spécifique d'une population. **Le racisme n'a aucun fondement scientifique.**

Chaque population humaine actuelle est caractérisée par une fréquence allélique donnée pour un gène donné. C'est à l'intérieur des populations africaines que l'on trouve la plus grande diversité allélique. Puis plus on s'éloigne du continent africain et plus la diversité allélique diminue au sein des populations mondiales. **La distance génétique est donc corrélée à la distance géographique** qui sépare les populations africaines des autres populations à travers le globe (Doc. 21).

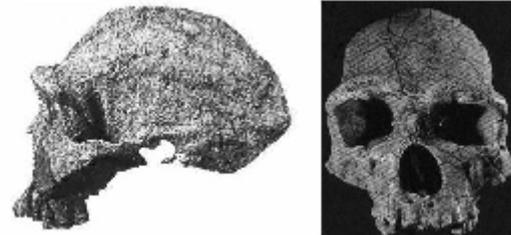
Doc. 18 : Les premiers Hommes, les *Homo habilis* et *erectus*.

D'après SVT Term S Nathan 2002, modifié Remérand 2002.



Homo habilis

Nom	<i>Homo habilis</i>
Localisation	Afrique de l'Est et du Sud (et Chine ?)
Âge	- 2,4 à - 1,5 Ma
Taille	1,25 m pour 30 kg
Capacité crânienne	500 à 690 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Boîte crânienne arrondie • Face réduite • Faible prognathisme facial • Bourrelet sus-orbitaire peu prononcé • Petites canines • Os maxillaire humain • Pied, clavicule et os de la main humains • Bipédie quasi permanente
Particularités	Doutillage lithique associé : - 2 Ma (Oldowayen)
Milieu de vie	Savanes sèches



Homo erectus

Nom	<i>Homo ergaster</i> (forme archaïque d' <i>Homo erectus</i>)
Localisation	Afrique de l'Est
Âge	- 1,8 à - 1 Ma
Taille	1,50 m à 1,80 m
Capacité crânienne	> 800 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Face réduite • Boîte crânienne haute et arrondie • Bipédie permanente
Particularités	Doutillage lithique associé : bifaces (Acheuléen)
Milieu de vie	Savanes sèches



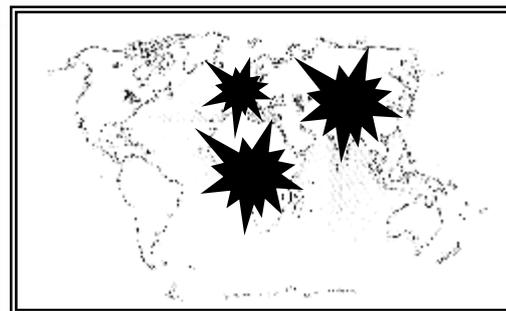
Utilise le feu (-400.000 ans)



Premiers outils
Chopper et Chopping-tool



Bifaces



Doc. 19 : Les Homo neanderthalensis et sapiens.
 D'après SVT Term S Nathan 2002, modifié Remérand 2002.

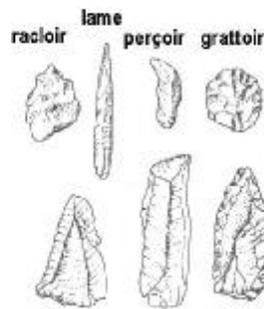


Homo neanderthalensis

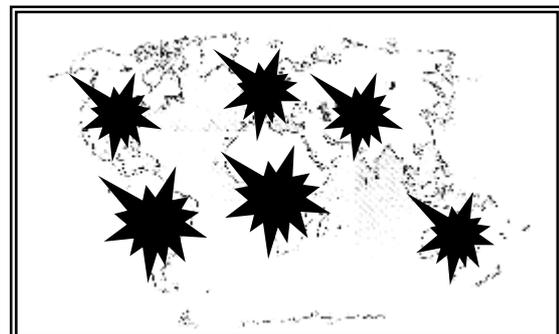
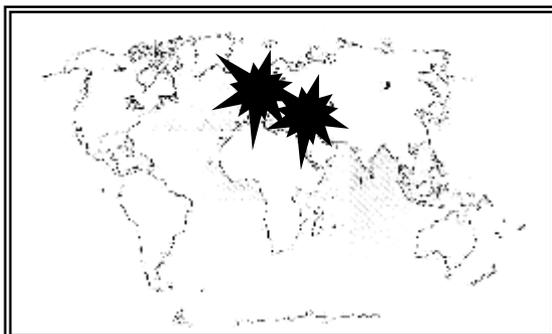
Homo sapiens

Nom	Homo neanderthalensis
Localisation	France, Allemagne, Espagne
Âge	- 100 000 à - 30 000 ans
Taille	1,80 m
Capacité crânienne	1300 à 1800 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Face réduite • Front fuyant • Voûte crânienne élevée • Absence de fossettes • Absence de menton • Bourrelets sus-orbitaires marqués
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Industrie lithique • Rites funéraires

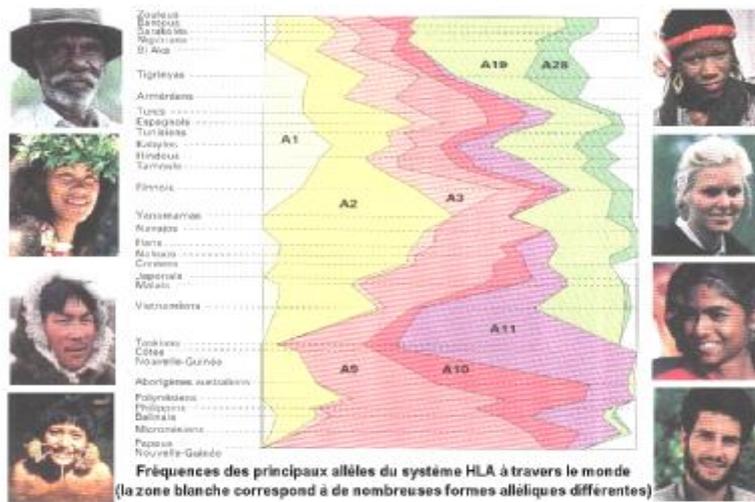
Nom	Homo sapiens
Localisation	France, Espagne, Italie
Âge	- 35 000 ans à maintenant
Taille	1,60 m à 1,80 m
Capacité crânienne	1 450 à 1 650 cm ³
Caractères dérivés	<ul style="list-style-type: none"> • Face réduite • Front droit • Voûte crânienne élevée • Occipital arrondi • Menton proéminent
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Industrie lithique aurignacienne à magdalénienne • Sculpture • Peintures pariétales • Rites funéraires



Industrie lithique très diversifiée, spécialisée et miniturisée

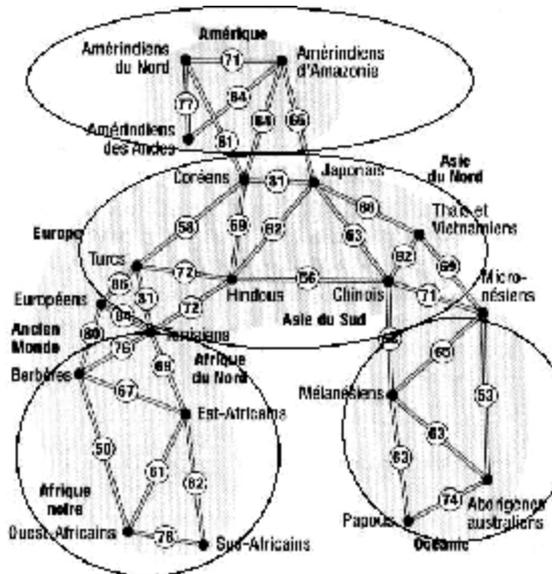
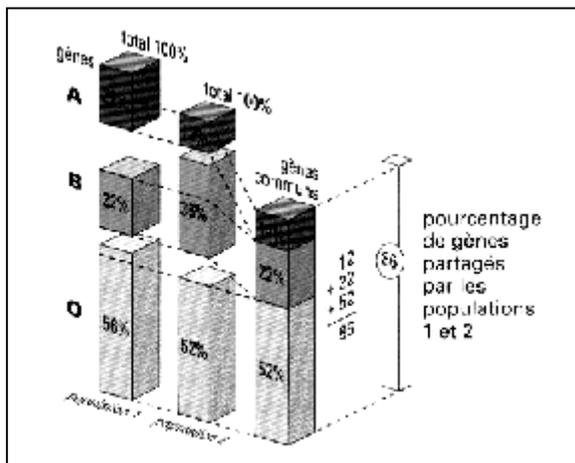


Doc. 20 : Toutes les populations humaines actuelles partagent les mêmes gènes. Il n'existe pas de gène spécifique d'une population. Seules les fréquences alléliques changent.



D'après SVT Term S Bordas 1994, modifié Remérand 2002

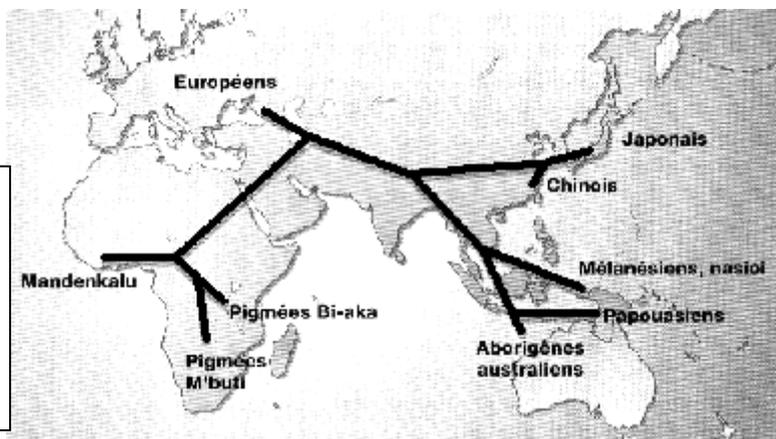
Doc. 21 : Plus on s'éloigne du continent africain et plus la diversité allélique diminue au sein des populations mondiales. La distance génétique est donc corrélée à la distance géographique.



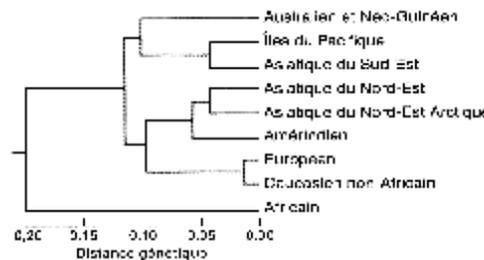
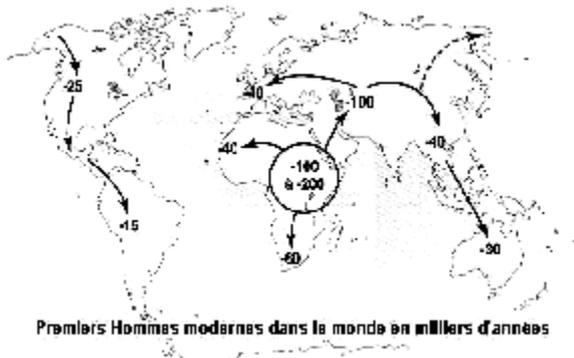
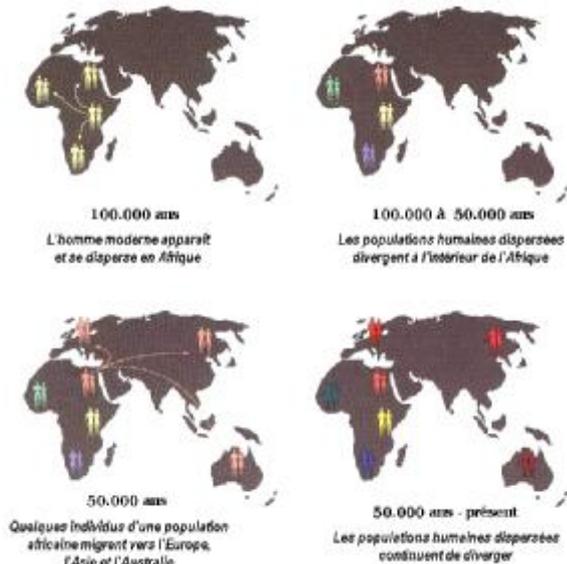
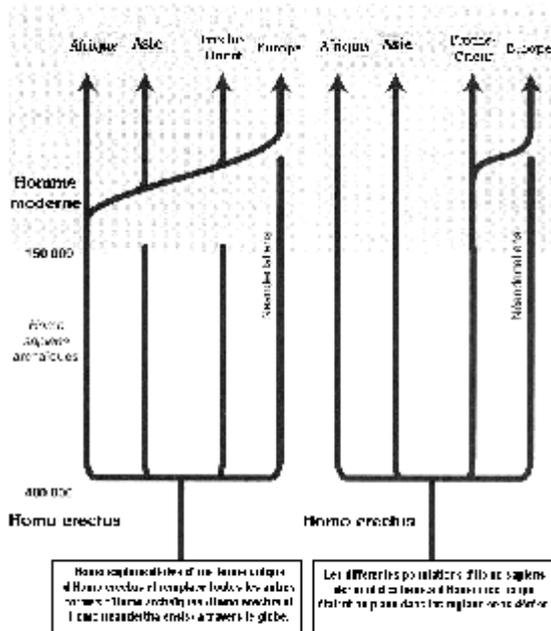
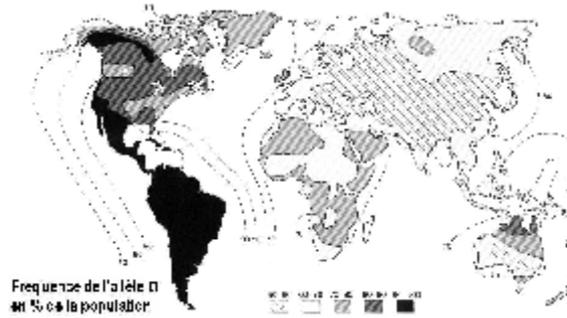
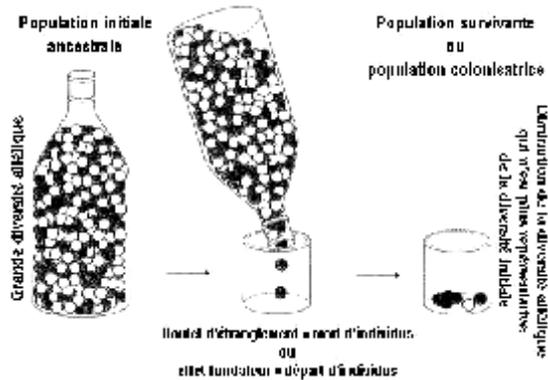
Principe de calcul d'une distance génétique.
 D'après SVT Term S Bordas 1994, modifié Remérand 2002.

Réseau génétique humain
 D'après SVT Term S, Hatier 2002, modifié Remérand 2002.

Relations entre distance génétique et distance géographique.
 D'après SVT Term S, Hatier 2002, modifié Remérand 2002.



Doc. 22 : La baisse de la diversité allélique, liée à la distance géographique s'explique par des processus de migration et de dérive génétique comme « l'effet fondateur » ou « l'effet goulet d'étranglement », à partir du pool initial très diversifié. Deux hypothèses sont proposées pour expliquer l'origine de l'homme moderne : l'hypothèse de l'arche de Noé ou du jardin d'Eden fragile (out of Africa) et l'hypothèse du candélabre ou multirégionale. L'homme moderne dériverait plutôt d'une seule population initiale africaine comme le suggère les études de distances génétiques portant sur l'ADN mitochondriale et l'ADN nucléaire portant sur un fragment du chromosome Y. Les études linguistiques abondent également dans ce sens. D'après Evolution Biologique, De Boeck Université 1997., The Cambridge encyclopedia Human Evolution, édition 1992, SVT Term S, Belin 2002; Term S, Bordas 2002, Term S, Nathan 2002 et L'aventure humaine, éditions De Boeck 2004, modifiés Remérand 2004.



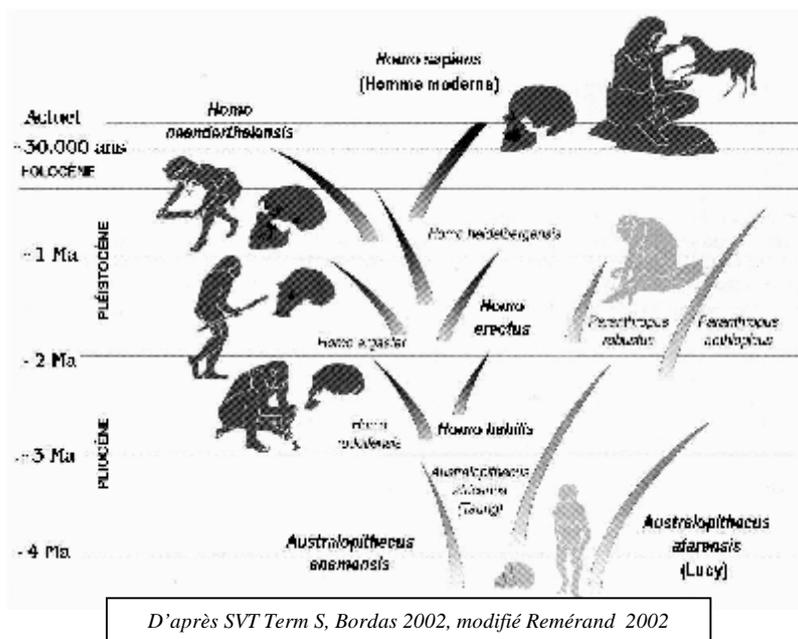
Cette baisse de la diversité allélique, toute relative, liée à la distance géographique s'explique en génétique des populations **par des processus de migration et de dérive génétique** comme « l'effet fondateur » ou « l'effet goulet d'étranglement » (bottle-neck). Les effets fondateur ou goulet d'étranglement correspondent à un resserrement, une diminution du nombre d'individus à l'origine d'une nouvelle population, respectivement, soit à la suite de la disparition de nombreux individus ou soit à la suite du départ de quelques individus qui décident de coloniser un nouvel espace. A partir d'une population initiale plus ou moins importante en nombre, à la diversité allélique plus ou moins importante, quelques couples d'individus sont alors à l'origine d'une nouvelle population. Ces quelques individus, **par le jeu du hasard**, ne représentent pas forcément, d'un point de vue génétique, la population ancestrale et n'emmenent avec eux que quelques allèles. La diversité s'en trouve diminuée, les mêmes allèles sont partagés par tous les descendants, avec des fréquences variables.

Ainsi, il y a **100 à 200.000 ans**, l'*Homo sapiens* serait une nouvelle espèce, **apparue en Afrique ou au Proche-Orient (Palestine-Israël) à partir de quelques dizaines de milliers d'individus d'une espèce ancestrale d'*Homo erectus*** (Doc. 22). *Homo sapiens* aurait alors colonisé tous les continents en remplaçant *Homo erectus* en Afrique, en Asie et en Europe et *Homo neandertalensis* en Europe. La conquête des continents par *Homo sapiens* se poursuivra aux Amériques puis en Australie et Océanie pour se finir en Arctique puis Antarctique très récemment. Cette hypothèse appelée **hypothèse du jardin d'Eden fragile, de l'arche de Noé ou encore de l'Out of Africa** est soutenue par les phylogénies construites à partir d'études de distances génétiques portant sur de l'ADN nucléaire (fragments de chromosome Y) et mitochondriale. Les études linguistiques confirment ce modèle et s'oppose au modèle multirégional qui suppose que l'Homme moderne descendrait des populations plus archaïques qui occupaient les différentes régions d'Afrique, d'Asie et d'Europe.

IV-4 Une évolution buissonnante

☞ **Tous les fossiles d'australopithèques et d'*Homo habilis***, c'est-à-dire les fossiles âgés de **- 4 à - 1.5 M.a et découverts jusqu'à nos jours sont limités à l'Afrique**, d'où la dénomination de ce continent comme étant **le berceau de l'humanité**. Cette concentration unique de fossiles peut s'expliquer effectivement par l'origine africaine de la lignée humaine **et/ou** par des conditions de fossilisation exceptionnelles en Afrique !!

☞ ***Homo habilis* (-2.5 M.a à -1.5 M.a)**, le premier du genre et les premières formes d'*Homo erectus* (-1.5 M.a à - 200 ou -100.000 ans) étaient donc **contemporains d'Australopithèques dont les derniers disparaissent il y a 1 million d'années**. De plus de nombreuses formes d'*Homo erectus* présentent en Afrique du sud, Afrique du nord, Proche-Orient, Asie et Europe étaient **contemporaines**. Enfin, *Homo neandertalensis* et *Homo sapiens* **ont vécu côte à côte jusqu'à la disparition des Hommes de Néanderthal il y a 30.000 ans**.



☞ **Les Australopithèques** formeraient **un rameau de la lignée humaine** détaché assez tôt de celui des Homo. De nombreuses formes d'Homo foisonnent, **le rameau Homo se diversifie, se ramifie** donnant naissance aux différentes formes fossiles connues (*H. habilis*, *H. erectus*, *H. neandertalensis* et *H. sapiens*) et **souvent contemporaines**. Sachant que les fossiles de la lignée humaine retrouvés ne peuvent pas être considérés, tous, comme nos ancêtres directs, l'évolution de la lignée humaine apparaît bien **buissonnante : Australopithèques et Homos** représentent des rameaux de cet arbre.

☞ De nombreuses interrogations subsistent pour la phylogénie humaine d'une part parce qu'il est dangereux d'assigner un fossile à une espèce particulière, l'espèce paléontologique ne pouvant pas être soumise au critère d'interfécondité, et d'autre part la découverte d'ossements et de traces d'activité est fragmentaire

dépendant des aléas des fouilles et des hasards de la conservation des vestiges. Les arbres proposés sont révisables en fonction des avancées scientifiques. La science n'est pas figée.

C Du nomadisme à la sédentarisation, l'apparition de la civilisation

Aux alentours de -10.000 ans, la sédentarisation liée à l'agriculture et à l'élevage, marque un changement majeur dans le processus de socialisation. L'agriculture comme l'Homo sapiens n'est pas apparu en un seul endroit, plusieurs foyers sont datés de - 10.000 ans, en Mésopotamie bien sûr mais également au Pérou, en Thaïlande et en Amérique centrale. Comme l'approvisionnement en nourriture pouvait se concentrer sur des surfaces réduites, l'homme est devenu de plus en plus grégaire, la population humaine augmenta et les premières villes apparurent vers -5000 ans, suite donc à la révolution agricole.

Les capacités cérébrales de l'Homo sapiens ont transformé non seulement la vie et l'activité humaine mais aussi la biosphère. **En modifiant le milieu dans lequel il vit, l'homme ajoute un nouveau paramètre impliqué dans les processus évolutifs : lui-même. L'homme est capable de modifier le cours de l'évolution.** Il commença par les prélèvements d'animaux lors des chasses (les premières chasses massives datent de 2 millions d'années lors desquelles des chevaux, des éléphants étaient massacrés en grands nombres, poussés dans les marais ou précipités dans les ravins), il poursuit de manière beaucoup plus poussée et incontrôlable avec la déforestation, la surexploitation et la pollution.

Conclusion

C Evolution linéaire, finalisme et anthropocentrisme, chaînon manquant et fossile vivant : autant d'idées et de concepts à combattre.

P L'évolution n'est pas linéaire, ni forcément graduelle d'ailleurs et l'exemple de la lignée humaine en est une belle représentation.

La très grande majorité des espèces ont disparu depuis l'origine de la vie, jamais la diversité (nombre d'espèces différentes) n'a été aussi grande. Cette diversité est due au fractionnement des écosystèmes, à l'accroissement du nombre de niche écologique et donc à une augmentation du nombre d'espèce spécifique d'un biotope particulier, les espèces généralistes se maintenant.

Quant à l'organisation du vivant, on ne peut que constater une croissance du niveau de complexification qui va de pair avec une exploitation de plus en plus diversifiée et poussée de l'environnement. Cette complexification trouve une première origine dans l'augmentation des propriétés (propriétés émergentes) lors du passage d'un niveau d'organisation à un autre, supérieur (les propriétés d'un organisme sont supérieures aux propriétés d'un organe, les potentialités d'une société animale sont plus grandes qu'individu seul). Une autre origine possible réside dans le fractionnement des écosystèmes avec une recherche de plus en plus poussée dans l'efficacité et le raffinement de l'exploitation des nouvelles niches écologiques d'où la nécessité d'apparition de nouvelles structures, de nouveaux comportements.

Enfin, si l'évolution ne semble avoir aucune direction privilégiée, elle n'en possède pas moins un sens. **L'évolution est irréversible.** Une fonction, un type cellulaire, un organe, un membre perdu ne réapparaîtra jamais, du moins pas au même endroit et pas sous sa forme originelle. Jamais situations, ni phénomènes ne se répètent à l'identique au cours du temps. La loi de l'irréversibilité, illustrée par le pouce du panda, est la seule loi de l'évolution qui reste valable, les lois de spécialisation et de complexification croissante des lignées, d'accroissement de la taille du génome ou des organismes ou de récapitulation souffrent en effet d'exceptions, plus ou moins nombreuses, selon les lois considérées.

Cette poussée des performances, des comportements, cette tendance à la complexification avec en prime l'apparition de la conscience pourrait pousser l'entendement vers une théorie finaliste, **une téléonomie externe.** Il faut rappeler que l'histoire de la vie est parsemée de beaucoup trop d'événements aléatoires pour oser déclarer que l'histoire de l'homme était prédestinée. En effet, le finalisme ou le principe anthropique fait totalement abstraction des nombreux événements accidentels, hasardeux, heureux ou malchanceux (mutations, modifications du milieu, extinctions de masse) qui se sont succédés avant l'émergence de l'homme. Si l'on rembobinait le film de la vie et qu'on le relançait, le nombre d'événements aléatoires qui ont eu un rôle dans les phénomènes de micro et macro-évolution est tellement grand que l'histoire de la vie ne pourrait reprendre deux fois le même chemin. **L'évolution de la vie n'est qu'une suite de hasard et de contingence et reste unidirectionnelle.** La seule téléonomie discutable est la **téléonomie interne** qui pousse les individus à se reproduire, à passer leurs gènes, pourquoi chaque individu cherche-t-il à se prolonger à travers sa descendance par l'intermédiaire d'une partie de son patrimoine génétique ?

On ne peut donc pas raisonnablement postuler pour un sens, au sens de sémantique, à l'évolution biologique si ce n'est sens, au sens de direction, une course vers le perfectionnement (observable également dans la culture humaine), on ne peut que constater une complexification grandissante et être prudent quant au devenir de l'homme. L'homme poursuit son évolution biologique. Si nous mettons en relief les tendances évolutives de l'homme moderne on peut s'amuser à décrire l'homme de demain. En ce qui concerne les aspects morfo-anatomiques on peut raisonnablement penser que la réduction de la face et la réduction de la mâchoire déjà amorcée depuis longtemps, observée et répertoriée par les dentistes, se poursuivra. Cette réduction de la mâchoire s'accompagnera de la disparition de dents. En effet, les incisives dont le volume régresse finiront par disparaître comme les dents de sagesse dont le déclin est bien amorcé. Quant au menton, qui progresse depuis le début de l'apparition de l'Homo sapiens, il devrait devenir de plus en plus proéminent. En ce qui concerne l'augmentation considérable de la taille, elle semble plus un phénomène épigénétique, en rapport avec une alimentation qualitativement et quantitativement meilleure, plutôt qu'un processus génétique. Le volume de la boîte crânienne ne pourra augmenter qu'en concert avec le bassin de la femme, et plus que le volume cérébral, ce qui est primordial c'est le

nombre de connexions neuroniques à l'origine de la réflexion, de "l'intelligence". En effet, à notre époque comme au temps des australopithèques, le volume du cerveau signifie peu en matière d'intelligence. La clé des derniers stades de notre évolution réside dans la réorganisation interne se manifestant par une spécialisation des centres cérébraux. L'homme du futur verra peut être son cerveau accroître le nombre et la spécialisation d'aires cérébrales en corrélation avec l'augmentation des informations indispensables à la vie en société. De plus l'enfant devrait voir sa période d'apprentissage se prolonger en conséquence et sa pleine maturité reculée. Le bulbe olfactif régresse depuis nos ancêtres poissons en relation avec une baisse de la communication olfactive, cette communication est fort réduite chez l'homme corrélativement à la régression du bulbe olfactif. Les Asiatiques pourraient donner un avant goût des futurs humains plus proches de l'enfant que de l'adulte.

L'évolution culturelle a pris le dessus sur l'évolution biologique. L'homme est devenu « plus intellectuel et moins physique ». Son psychisme se développe plus que ces capacités musculaires. L'homme est de plus en plus concepteur et de moins en moins réalisateur. Il utilise de plus en plus de "machines" pour vivre. L'apprentissage par communication verticale (d'une génération à l'autre) est quasi total, le culturel à pris le pas sur l'inné dans presque sa totalité. L'apprentissage dure toute la vie, avec une période facilitatrice juvénile corrélativement à une plus grande plasticité du cerveau. Comme l'espérance de vie ne cesse d'augmenter, l'homme acquiert un savoir de plus en plus grand, d'autant plus grand que l'apprentissage commence tôt dans la vie du jeune et est poussé. La vie sociale se complexifie et pour s'adapter à cette vie de plus en plus riche d'information, le jeune devra augmenter sa période d'apprentissage d'autant. La période d'apprentissage devrait donc aller en grandissant et de ce fait la maturité sexuelle reculée. L'accroissement du système limbique, et en particulier des centres impliqués dans le plaisir engagerait l'homme vers une société de loisir et surtout un apprentissage omniprésent.

La vision évolutionniste, où la sélection naturelle s'exprimerait, serait probable si l'évolution biologique était importante dans l'évolution humaine. Or nous avons fait remarquer l'importance de l'évolution culturelle et donc sociale de l'homme. Ce dernier limite presque totalement le facteur évolutif de la sélection naturelle puisqu'il contrôle, par l'intermédiaire de la médecine, le devenir de l'homme. L'espèce humaine peut contrôler sa propre création (bébé éprouvete, enfement post-ménopause, avortement, Dossier 5), sa propre survie (soins aux malades, maintien de personnes malades ou porteurs sains) influençant donc sur le taux de reproduction et le taux de survie d'homme. **L'espèce humaine est son propre facteur d'évolution.** Le maintien de "malades", normalement moins performant dans la société humaine devrait entraîner une progression de maladie (et de soins), et poussé l'homme vers une sélection, globalement, stabilisatrice plutôt que directionnelle, où s'installera, quand même, une progression physique et intellectuelle, la variance devenant plus forte.

La destinée de l'homme est en très grande partie entre ses mains. Contrairement aux autres formes de vie qui subirent les lois du hasard et les pressions du milieu au cours de l'histoire de l'évolution, l'homme est capable de modifier le milieu et de l'approprier du moins en partie (les inondations, volcans, raz de marée, cyclones restent encore incontrôlables). L'homme possède actuellement la machinerie la plus sophistiquée qui n'ait jamais existé sur Terre, le cerveau. Mais il doit également s'en méfier car il pourrait très bien finir comme les ammonites ou les dinosaures (rappelons qu'ils dominèrent le monde pendant 140 millions d'années, alors que l'homme n'est sur le globe que depuis 4 millions d'années): Disparaître brusquement après une domination totale du monde. En effet, à l'issue d'une hypothétique guerre nucléaire, l'espèce humaine serait éradiquée et, seuls quelques arthropodes dont les scorpionidés, restés dans l'ombre, survivraient à cet hiver nucléaire. Ils profiteraient alors des niches écologiques libérées pour proliférer et se diversifier, perpétuant le phénomène désormais classique de la radiation adaptative post-cataclysmique. A partir de ces animaux, donc, d'autres formes vivantes pourraient diverger et l'évolution biologique repartirait, peut être, vers une nouvelle conscience mais assurément pas sous la forme humaine.

Dans le langage courant, le mot "évolution" est trop souvent associé à "progrès". De ce fait, l'évolution biologique est également associée à l'idée de progrès, de supériorité. Or le terme d'évolution est employé en biologie uniquement pour décrire le changement de composition génétique d'une population, survenue au cours du passage d'une génération à l'autre et non pas pour juger de la qualité des changements génotypiques. De plus l'évolution biologique regorge d'exemples où les lignées les plus dérivées, les plus évoluées disparaissent au profit de lignées dites mineures, moins évoluées. Paranthropus (Australopithecus) robustus et boisei étaient plus dérivés que l'australopithèque africanus et pourtant leurs lignées furent des culs-de-sac évolutifs, ils disparurent tous les deux au profit du genre Homo. Plus proche de nous encore, l'Homo neandertalensis, qui possédait le volume crânien le plus développé du genre Homo, n'en fut pas moins supplanté par l'Homo sapiens.

Il est important de rappeler que les espèces les plus dérivées, sont également les espèces les plus sensibles aux variations du milieu et donc sont les premières à disparaître lors de changements écologiques, libérant des niches aux espèces plus euryèces, plus généralistes, moins spécialisées.

P La vie bien qu'apparaissant très stable depuis son apparition, s'est diversifiée mais au prix de nombreuses disparitions lors de crises notamment (voir Dossier 4). Les fossiles que l'on retrouve permettent d'approcher cette diversité du passé. Certains fossiles sont qualifiés à tort de chaînon manquant. Ces fossiles correspondent à des espèces qui ont eu leur propre histoire, ce sont des **intermédiaires structuraux** tout au plus, que l'on placera au niveau des branches et pas au niveau des nœuds (Archéoptéryx est en bout de branche !).

P Enfin, le fossile vivant n'est qu'une espèce actuelle **morphologiquement identique** à certains très vieux fossiles. En fait, rien ne nous certifie qu'il s'agisse bien de la même espèce avec une physiologie et une éthologie identiques, d'une part le critère d'interfécondité est inutilisable en géologie et d'autre part la divergence génétique peut s'être accumuler au cours des temps géologiques sans que la morphologie en soit modifiée. Seul 5% du génome contrôle la morphologie d'un vertébré.

DOSSIER 3 – Parenté entre espèces actuelles et fossiles, Phylogénèse et évolution – Résumé

j De nombreuses similitudes moléculaires, chromosomiques, cellulaires, métaboliques, embryologiques et anatomiques plaident en faveur d'une origine commune au monde vivant et de la filiation entre espèces. Seule la théorie de l'évolution propose une explication scientifique à l'unicité et la diversité du vivant.

k Pour dessiner un arbre phylogénétique représentant les liens de parentés et l'histoire évolutive des espèces étudiées, il faut dans un premier temps établir des comparaisons de caractères homologues morpho-anatomiques, embryonnaires, caryotypiques et moléculaires à partir d'un organisme référentiel *présupposé* éloigné des espèces étudiées. Puis définir la polarité (ancestral ou dérivé) de ces caractères toujours à partir du même organisme référentiel. Enfin, construire la matrice des caractères pour pouvoir dessiner l'arbre évolutif ou phylogénie.

l Un arbre phylogénétique ou phylogénie est représenté par des nœuds correspondant aux ancêtres communs hypothétiques et des branches traduisant les liens évolutifs entre ces nœuds et leurs aboutissants c'est-à-dire les espèces actuelles et fossiles clairement identifiées. Les fossiles servent à positionner sur une échelle géologiques et donc sur les arbres évolutifs l'apparition des innovations. Parmi les nombreux arbres possibles on retiendra celui qui nécessite le moins d'hypothèses, le moins d'innovations, d'événements c'est-à-dire le plus parcimonieux.

m La validité d'un arbre repose sur la multiplicité des informations. Un arbre est une théorie scientifique, toujours réfutable, notamment en fonction des nouvelles découvertes généralement paléontologiques.

n Un groupe monophylétique se définit par le partage d'un caractère homologue à l'état dérivé, entre un ancêtre commun, qui fût le premier à présenter ce caractère dérivé exclusif du groupe considéré, et tous ses descendants.

○ L'Homme est un eucaryote, vertébré, amniote, primate, hominoïde, hominidé, homininé.

p Tout être vivant présentant des caractères dérivés liés à la bipédie, une réduction de la face, une encéphalisation, une mâchoire parabolique avec de petites canines ou une activité culturelle industrielle et/ou artistique appartient à la lignée humaine, aux homininés.

q L'homme *Homo sapiens* est le seul homininé actuel. Les australopithèques, paranthropes et autres Homos sont des homininés fossiles qui vivaient parfois côtes à côtes pour certaines formes. La lignée humaine est buissonnante.

r Il n'existe pas de gène spécifique d'une population humaine, seule les fréquences alléliques varie d'un groupe d'individu à l'autre. Le racisme n'a donc aucun fondement génétique, scientifique.

s Une population initiale africaine, dérivée d'une forme d'*Homo erectus*, à la grande richesse allélique, seraient, par migration et dérive génétique, à l'origine de l'ensemble des populations actuelles de l'espèce, très récente, d'*Homo sapiens*.