

Passé et présent de notre énigmatique parenté avec le chimpanzé

HAMOIR G.

Correspondance : M. G. Hamoir, Professeur honoraire, Université de Liège, Institut de Chimie, Bât. B6, 4000 Liège, Belgique

RESUME : L'intégration de l'espèce humaine parmi les primates a suscité des réactions d'opposition ; elle a été la source d'un questionnement majeur sur l'essentialisme autrement dit sur la singularité des espèces. Les progrès réalisés aux XIX^e et XX^e siècles en ce qui concerne la nature de l'hérédité ont modifié notre vision du monde et plus particulièrement des généalogies prônées par les darwinistes. On est passé de la micro-évolution de Morgan à la macro-évolution des généticiens et embryologistes actuels. La filiation des espèces vivantes ne pose plus de problème fondamental sauf dans le cas de la nôtre : différons-nous qualitativement ou quantitativement de notre frère le chimpanzé ? Les deux espèces ont des caryotypes très proches et des protéines dont la parenté a été évaluée à plus de 99 %. Mais le décryptage de nos chromosomes qui est en cours révèle des différences plus nombreuses qu'on ne pensait. Leur signification reste toutefois énigmatique.

« Nous marchons avec des parties de notre corps qui pourraient servir à penser si elles étaient développées dans une autre partie de l'embryon »

Hans Spemann (1869-1941) (autobiographie).

« On ne ramènera jamais les manifestations de notre âme aux propriétés brutes des appareils nerveux plus qu'on ne comprendra de suaves mélodies par les seules propriétés du bois ou des cordes qui sont nécessaires pour les exprimer »

Claude Bernard (1813-1878) (Lettre à Mme Raffalovitch).

LA RÉVOLUTION DARWINIENNE

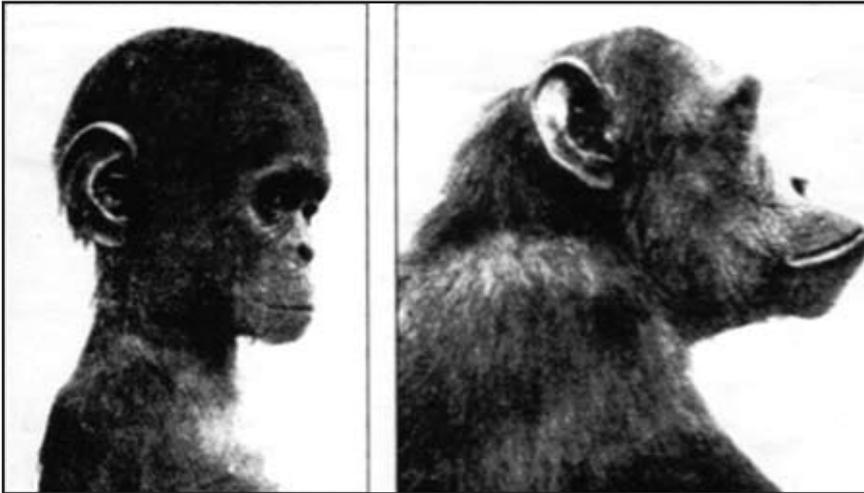
Le crime de lèse-religion suggéré par ce titre fut commis en toute innocence par le botaniste Carl Linné (1707-1778). Il inventa la première grande classification des êtres vivants et rangea l'homme parmi les primates. Personne n'en prit ombrage. Le caractère unique de l'espèce humaine était une évidence. Il fallut attendre 125 ans pour que cette évidence soit mise en doute. En 1859, Charles Darwin (1809-1882) mit le feu aux poudres : la parenté reconnue par Linné n'avait nullement le caractère superficiel qu'on lui avait conféré.

Le monde vivant n'était pas une seconde bible du Créateur. Les espèces étaient apparues au cours des temps géologiques en fonction d'une compétition impitoyable et de leurs succès reproductifs, autrement dit du hasard et de la nécessité. L'homme ne pouvait faire exception. Les visions des créationnistes et des non-crétionnistes des siècles passés devaient faire place à une vision hallucinatoire du monde vivant. La comparaison des développements embryologiques de l'homme et du chimpanzé suggère par exemple que nous avons été, en quelque sorte victimes d'un phénomène de néoténie* : le prolongement de notre museau s'est arrêté prématurément (illustration 1).

La révolution darwinienne agressa la société et les individus. Elle suscita de violents conflits. La guerre de l'évolution fut « la guerre de 40 ans » des temps modernes. Dès la parution de *De l'origine des espèces par sélection naturelle ou des lois de transformation des êtres organisés* en 1859, l'humanité devint schizophrène. Qui sommes-nous ? Où allons-nous ?

En ce temps-là, le doute n'existait guère. On croyait à la vérité avec un grand V. La théorie de l'évolution divisa la société en « pro » et « anti », comme en France le procès Dreyfus*. Pour le public et les journalistes peu

Illustration 1 : phénomène d'hétérochronie : pourquoi le jeune chimpanzé ressemble-t-il beaucoup plus à l'homme que le chimpanzé adulte ? (d'après Gould, 1977)



Illustrations 2 à 5 : Quelques caricatures de la seconde moitié du XIXe siècle, inspirées par la théorie de l'évolution.

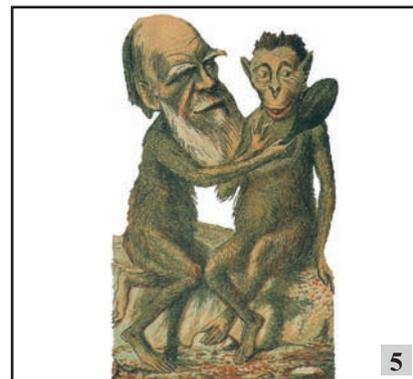
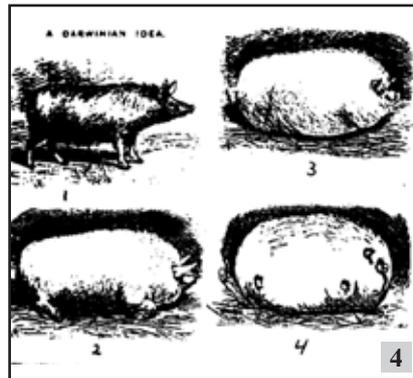
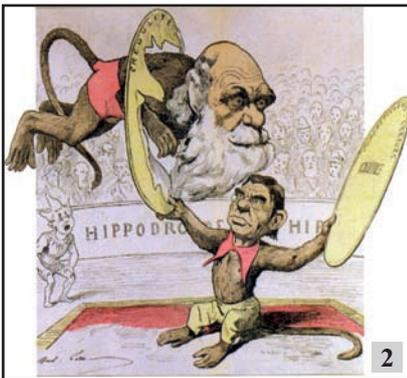


Illustration 2 : on envisage d'engager Darwin à l'Hippodrome. Il viendrait y fournir la preuve de sa généalogie en exhibant l'habileté qu'il tient de ses aïeux les singes. M. Littré qui partage la foi et les ancêtres du savant.

Illustration 3 : « L'homme n'est qu'un ver ».

La spirale évolutionniste de Punch conduit finalement à Darwin : à partir du ver qui émerge du chaos primitif, la spirale fantaisiste de Punch nous conduit, par l'intermédiaire du singe, à l'homme (Taylor, 1965).

Illustration 4 : Les perspectives de la sélection artificielle (d'après Ruse, 1979). La sélection artificielle conduite à un aboutissement optimal tel qu'on peut le concevoir grâce à Darwin.

1. l'ancienne espèce
2. la variété actuelle améliorée
3. ce qu'elle doit devenir
4. l'engraissement limite des porcs en vue des concours agricoles

Illustration 5 : Darwin et le singe (Hamoir, 2002 a)

enclins généralement à la rigueur intellectuelle, l'homme s'identifia à un singe. Les caricaturistes s'emparèrent de ce sujet en or (illustrations 2-5).

De violentes oppositions verbales fusèrent :

- Carlyle (1795-1881) vit en Darwin « l'apôtre de la boue » ;
- le physicien Herschel (1792-1871) assimila la théorie de l'évolution à « une théorie de la pagaille » ;
- l'ancien professeur de géologie de Darwin à Cambridge, le révérend Adam Sedgwick (1785-1873) rejeta une optique aussi immorale « en refusant les causes finales, la théorie de Darwin révèle que ses partisans ont une compréhension du monde immorale. Qu'est-ce qui nous donne le sens du bien et du mal ? De la loi ? De la cause et de l'effet ? » ;
- Richard Owen (1804-1892), conservateur au *British Museum* de Londres, cuviériste convaincu, multiplia ses critiques du darwinisme ;
- Aux USA, Louis Agassiz (1807-1873), inspiré par son théisme, resta fidèle à la théologie naturelle* selon laquelle la nature est la seconde bible du Créateur.

Quant aux disciples de Darwin, ils ne furent pas moins intransigeants. Lui-même détestait la polémique et resta silencieux, mais ses partisans suppléèrent à son silence avec véhémence :

- Thomas Henry Huxley (1825-1895), surnommé « le bouledogue de Darwin », déclara : « tout le monde a lu le livre de M. Darwin ou du moins a formulé une opinion relative à ses mérites ou à ses défauts. Des gens fort pieux soit laïques, soit ecclésiastiques, l'ont mielleusement décrié, sans ménager toutefois leurs petits traits d'ironie benoîte et charitable ; des bigots ignorants lui ont lancé leurs invectives, les vieilles femmes des deux sexes le considèrent comme un livre des plus dangereux et même des savants, à court de boue pour l'asperger, se sont mis à citer des écrivains surannés pour montrer que l'auteur lui-même ne valait guère mieux qu'un singe » ou aussi : « la plupart des écrits publiés contre Darwin ne valent pas le papier sur lequel ils ont été imprimés » ;

- Un italien, le Dr Barrago fit remarquer que « l'homme fait à l'image de Dieu a aussi été fait à l'image du singe » ;
- Ray Lankester (1847-1929), l'ami d'Edouard van Beneden (1846-1910), expliqua que : « la science comme d'autres croyances peut être prêchée comme un Evangile. C'est le salut de l'homme que nous annonçons » ;
- En Allemagne, Ernest Haeckel (1834-1919) écrivit dans son livre *Histoire de la création naturelle ou doctrine scientifique de l'évolution* (Haeckel, 1877, p. 545) : « La foule très mélangée de ceux qui ont osé verbalement ou par écrit condamner sans appel la théorie généalogique sont pour la plupart des gens du monde, à qui les principaux phénomènes biologiques sont parfaitement méconnus ou qui, du moins, n'en soupçonnent pas la valeur réelle... On entend des milliers de gens du monde et de demi-savants se prononcer hardiment à ce sujet sans avoir la plus légère notion de botanique, de zoologie, d'anatomie comparée, d'histologie, de paléontologie, d'embryologie... On m'objectera que, parmi les adversaires de la théorie de la descendance, il y a beaucoup de naturalistes et même beaucoup de zoologistes et de botanistes. Notons d'abord que ces derniers sont presque tous des savants âgés, vieillis dans des opinions anti-évolutionnistes ; par conséquent, on ne peut s'attendre à voir leur conception générale du monde se modifier alors que cette conception est devenue pour eux une habitude invétérée et qu'eux-mêmes sont déjà parvenus au déclin de leur vie... ». Mais parfois, c'était la passion de Haeckel qui partait à l'assaut des opposants : « d'un côté, il y a l'évolution et le progrès, guidés par le clair étendard de la science ; de l'autre, guidés par le chapeau noir de la hiérarchie, il y a la servitude spirituelle et le mensonge, l'absence de raison et la barbarie, la superstition et la récession... L'évolution est l'artillerie lourde de la bataille pour la vérité ; des régiments entiers de sophismes à double sens tombent sous ses coups comme sous l'effet d'un pilonnage d'artillerie » (cité par Gould, 1997, p. 232).
- En Belgique, Edouard van Beneden devint le champion du darwinisme. Sa prise de position publique en

1872 et l'influence qu'il exerça ont été retracées (Hamoir, 2002a ; 2002b). En 1883, un an et demi après le décès de Darwin, sa nomination en qualité de directeur de la classe des sciences de l'Académie de Bruxelles l'amena à exposer en une grande fresque l'état d'avancement de la biologie. Il y dit son admiration profonde pour Darwin et toute la conviction qu'il portait au darwinisme. Il ajouta : « les opinions que professent les biologistes modernes, en ce qui concerne la nature des phénomènes vitaux et l'évolution des êtres organisés se sont répandues à tel point que nul n'ignore les conséquences qu'elles entraînent en ce qui concerne l'origine de l'homme et sa place en regard de l'ensemble de la nature. Chacun se croit en droit de se prononcer pour ou contre le darwinisme, comme s'il s'agissait d'une opinion politique ; l'on oublie que la théorie actuelle de l'évolution repose sur tout l'ensemble des connaissances biologiques et qu'il serait bon de s'informer de la qualité des arguments avant de se prononcer sur la valeur de la doctrine ». Quelques années plus tard, en 1888, lors de la finition de l'Institut de Zoologie de Liège, au quai des Pêcheurs, il fit installer le buste de Darwin au milieu du fronton dominant le grand escalier de l'Institut (photographie 6) et plaça le bâtiment sous son égide. Cette attitude provocante lui valut l'exécration du monde catholique et un procès odieux de l'Etat belge.

LA REDÉCOUVERTE DES LOIS DE MENDEL ET LA MICRO-ÉVOLUTION

Six ans après la sensationnelle publication de Darwin de 1859, un obscur moine tchèque Gregor Mendel (1822-1884) fit paraître dans une revue locale de Brno, une étude sur le croisement de variétés de pois. Il avait suivi une formation universitaire à Vienne et était devenu professeur d'histoire naturelle au monastère. À l'époque, l'hybridation faisait l'objet de nombreuses recherches. Mendel veilla — ce fut une de ses exceptionnelles originalités — à l'isolement préalable de races de pois pures ne différant que par un ou deux caractères. Leur croisement lui permit de proposer des lois de l'hérédité. Son interprétation fut examinée par Naegeli (1817-1891) qui n'y vit qu'une spéculation à soumettre à des investigations supplémentaires. Ce « pont » de la biologie manqua de perspicacité.

En 1900, les biologistes finirent par accepter le concept mendélien d'unités héréditaires présentes en double exemplaire. Hugo de Vries (1848-1935) y adjoignit une notion nouvelle, celle de mutation*. Une espèce peut parfois changer brusquement, muter en une autre. Sa banque héréditaire se modifie de façon ponctuelle.

Ces progrès dans la connaissance de l'hérédité instaurèrent un trait d'union entre la génétique et la théorie de l'évolution. On lui donna le

Illustration 6 : buste de Darwin au milieu du fronton principal de l'Institut de Zoologie de Liège, installé lors de sa finition en 1888



nom de néodarwinisme*. Morgan (1866-1945) en fut le grand architecte. Au cours de la première moitié du XX^e siècle, les bases cytologiques de l'hérédité furent élucidées : les chromosomes sont des colliers de gènes porteurs des caractères héréditaires responsables des changements évolutifs. L'ensemble des chromosomes constitue le caryotype* de l'espèce. On donna le nom de cytogénétique* à ce domaine de recherche.

Mais compte tenu du cours du temps, cette microévolution restait un horizon à courte vue, une perspective de myope ! Ces variations géniques ne portent que sur la spéciation*, pensèrent des évolutionnistes réticents du XX^e siècle (Brien, 1960). La typogénèse*, c'est-à-dire la formation des types d'organisation, reste un mystère. Il en est de même pour les coaptations révélatrices d'une finalité indispensable. Comment peuvent se construire les organes comme l'ouïe ou l'œil ? Au moment où les biologistes fêtaient le centenaire de la parution du livre de Darwin, ils étaient contraints d'enterrer la persistance de ces « canyons du Colorado » de la théorie de l'évolution.

LA STRUCTURE DE L'ADN ET LA MACROÉVOLUTION

Au milieu du XX^e siècle, la cytologie semblait marquer le pas ; l'intérêt de nombreux biologistes s'orienta de plus en plus vers les macromolécules. On crut d'abord que les protéines correspondaient au matériel héréditaire. Mais en 1943, Avery (1877-1955) montra qu'une variété non pathogène de pneumocoque devient pathogène par injection de l'ADN de la variété pathogène. Celui-ci agit comme « un principe transformant ». Ce constituant du noyau devint l'objet d'un intérêt croissant. En 1953, Watson (1928-) et Crick (1916-2004) élucidèrent sa structure.

Un pas de géant était franchi. La mitose* était expliquée à l'échelle moléculaire : la double hélice formée de 2 chaînes nucléotidiques enroulées peut s'ouvrir et permettre ainsi la synthèse de 2 chaînes complémentaires. La biologie moléculaire commençait son développement exponentiel. Une vive lumière apparaissait soudain à l'intérieur de la boîte noire de l'héré-

dité. La théorie de l'évolution en fut métamorphosée. On découvrit qu'il existe un code universel de traduction de l'information génétique en protéines fonctionnelles. Le monde vivant ne parle qu'une langue.

Le second progrès capital date des années 1980-90. C'est la découverte d'une hiérarchie génique. Les perles du collier de Morgan n'ont pas la même envergure. C'est tout le contraire. Il existe des gènes du développement appelés gènes-maîtres, gènes-architectes ou encore supergènes qui commandent à d'autres gènes ; les ordres sont transmis par une cascade à des gènes-cibles. Chez la drosophile, le chromosome n°3 porte une cascade qui régent l'ontogénèse. Ces gènes y sont localisés selon l'ordre anatomique de la tête à l'abdomen (illustration 7). De plus dans le cas d'un organe comme l'œil, un gène-maître commande un « corps d'armée » de gènes, 2000 à 3000 selon Gehring (1995) qui construisent progressivement cet

organe. Voilà expliquées moléculairement la finalité biologique et la coaptation qui troublaient tant de biologistes.

Figurez-vous de plus que ces hiérarchies se retrouvant chez toutes les espèces sont interchangeable. Si on isole le supergène de l'œil de souris et l'introduit dans un embryon de drosophile, il lui commande de construire un œil conforme à sa machinerie, donc un œil de drosophile à l'endroit où il a été intégré, par exemple sur une patte ou à l'extrémité d'une antenne. La machinerie de l'insecte obéit à l'ordre donné par le mammifère.

NOS CARYOTYPES SIMIESQUES JUMEAUX

Pan chimpanze et *Homo sapiens* font partie de la famille des hominidés. Est-ce que la séparation en deux genres est justifiée ? Dans le cas des félidés, on a placé sous le même toit le lion (*Felis leo*) et le chat (*Felis domes-*

Illustration 7 : les gènes architectes commandant l'ontogénèse disposés le long de chromosome dans un même ordre chez les vertébrés et les invertébrés, qui correspond lui-même à l'ordre anatomique de l'organisme adulte (Rossion, 1994)



ticus). Est-ce que le Dieu créateur n'a pas là encore imprimé sa marque ancestrale d'unicité de l'homme en ajoutant un genre ?

Les caryotypes* constituent un important critère de différenciation des espèces. Le chimpanzé possède 48 chromosomes et l'homme 46. Mais cette différence n'est pas significative. Elle résulte de l'union en position tête-bêche des deux chromosomes 2p et 2q du chimpanzé en un seul chromosome 2 de l'homme. Pour le reste, on ne décèle que des différences mineures dues à 9 inversions péricentriques* (Blanc, 1984). Les analyses particulièrement approfondies de Yunis et ses collaborateurs (1980 ; 1982) ont abouti à la conclusion qu'il y a une homologie pratiquement totale des 1000 bandes des deux espèces. Ces recherches ont permis d'établir dès 1982, une filiation des pongidés ; le branchement plus proche de l'époque actuelle se situe à l'embranchement chimpanzé-homme.

NOS ROUAGES FONCTIONNELS PROTÉIQUES

Ces caryotypes si détaillés ne sont néanmoins, diront les sceptiques, que des images. On pourrait les comparer à de grands étalages d'objets similaires comme on en trouve dans des stands voisins d'un musée de peinture. Or ces images contiennent des messages et ce sont ces instructions qui comptent. Comme elles induisent la formation des protéines et que celles-ci sont les rouages utilisés par les machineries du monde vivant, il faut examiner ce stade macromoléculaire.

Au deuxième congrès international de biochimie de 1954 qui eut lieu à Paris, Sanger (1922-) exposa comment il était arrivé, au terme de dix ans de travail, à déterminer la structure primaire de l'insuline. J'eus personnellement l'impression lors de cette conférence de vivre un moment historique. On commençait à décrypter ces macromolécules fonctionnelles. La biochimie et la zoologie se rejoignent.

De nouvelles techniques d'analyse permirent de progresser rapidement. Les structures primaires de petites protéines (100 acides aminés) puis d'autres furent déterminées dans les deux décennies suivantes. Ce développement conduisit Pauling (1901-

1994) et son élève Zuckerkandl (1922-) à inventer une phylogénèse moléculaire basée sur la parenté des protéines.

Le cytochrome C* fait partie de la chaîne respiratoire des animaux, des plantes et des organismes inférieurs aérobies ; il est formé d'une chaîne polypeptidique unique d'environ 100 acides aminés. Un arbre phylogénétique allant d'une moisissure (*Neurospora crassa*) et 2 levures (*Candida krusei* et *Saccharomyces cerevisiae*) jusqu'au chimpanzé et à l'homme a déjà été réalisé en 1969 (illustration 8).

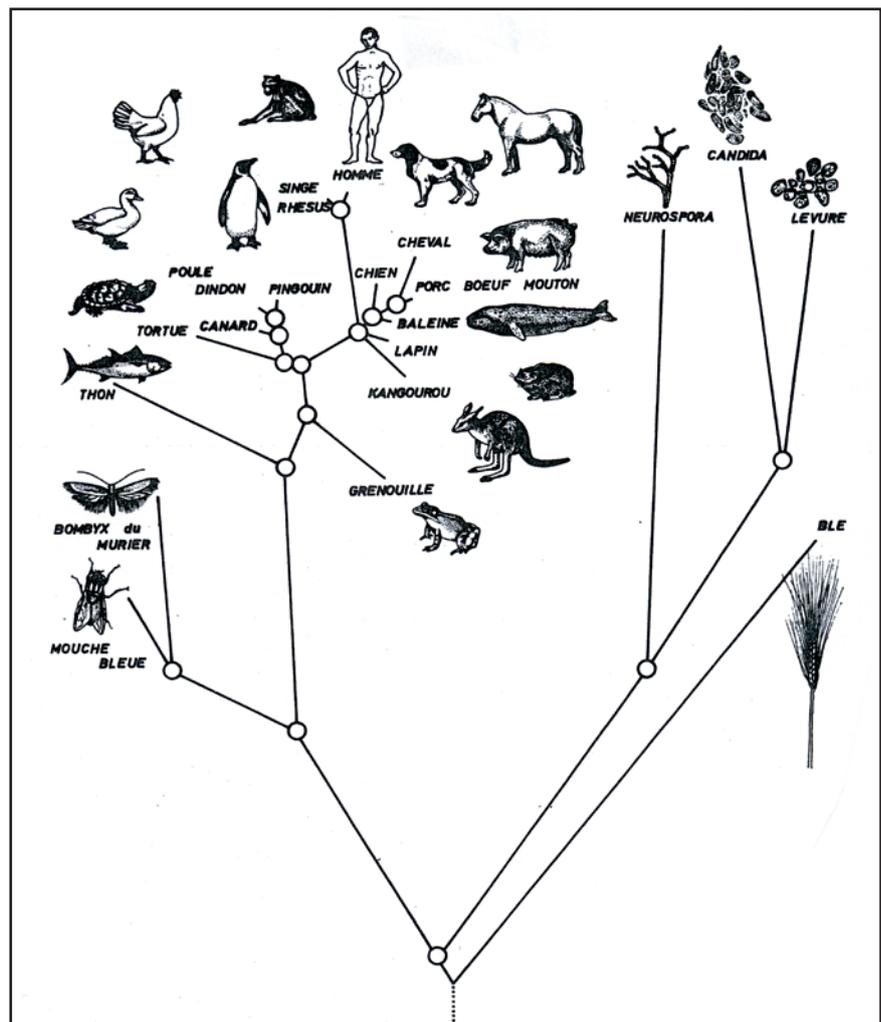
Les chaînes de 104 acides aminés du cytochrome C du chimpanzé et de l'homme sont identiques, elles ne diffèrent de celle du singe rhésus (*Macacus rhesus*) que par l'acide aminé 98 où la leucine remplace notre lysine. Les cercopithèques dont le rhésus fait partie, sont donc également proches de nous. L'analyse de nombreuses

protéines (Goodman, 1964) montre que notre identité avec le chimpanzé dépasse 99 % (King et Wilson, 1975). Comme il est, d'autre part, bien connu que les différences de structure primaire des protéines* sont, dans une très grande mesure, neutres c'est-à-dire sans conséquences (Kimura, 1998), la question posée par le titre de cet exposé est à l'évidence résolue. Notre parenté est extrêmement étroite. La vraie question devient : pourquoi sommes-nous différents ? Comment peut-il se faire que nous soyons aussi distants à partir de banques géniques d'une telle ressemblance ?

LE DÉCRYPTAGE DE L'HÉRÉDITÉ

À partir des années 1975-78, l'étude des séquences d'ADN connut la même progression que celles des séquences d'acides aminés vingt ans plus tôt. Le décodage d'une séquence de 100

Illustration 8 : arbre phylogénétique du cytochrome C établi déjà en 1969 (d'après Dayhoff, 1969)



nucléotides qui prenait une année vers 1975 devint beaucoup plus rapide grâce à l'automatisation des techniques d'analyse. En 1978, on déchiffra de petits virus contenant environ 5000 nucléotides (Gros, 1986). Le décryptage au niveau de l'ADN cellulaire c'est-à-dire d'un million de bases prit forcément quelques années.

Le premier succès fut atteint dans le cas d'un minuscule ver du sol d'un mm de long d'allure filiforme, le *Coenorhabditis elegans* constitué d'environ 1000 cellules. Ses 110 millions de base furent déchiffrées fin 1998. Deux ans plus tard, ce fut le tour des 160 millions de bases ou 160 Mbases de la *Drosophila melanogaster* chère à Morgan. Et maintenant, on en est arrivé au génome* humain, c'est-à-dire aux 3000 Mbases de nos 23 chromosomes. Nous voilà au point de départ des recherches génétiques du nouveau millénaire. C'est un livre de 3000 pages — 2 petits Larousse — remplies d'hiéroglyphes qui renferme l'information nécessaire à la synthèse des protéines de l'homme et du chimpanzé ainsi qu'à l'édification des 2 espèces. En parallèle, on assiste à l'élaboration de filiations moléculaires d'espèces du cadre des hominoïdés* auquel l'ardeur des biologistes moléculaires a adjoint un cercopithèque par leur étude du rhesus* (illustration 9).

UNE INFINITÉ ANONYME ET DE CI DE LÀ QUELQUES RARES DIFFÉRENCES

Tel est l'aspect de notre parenté génique. Quand on y associe la pensée de Dawkins selon laquelle « nous sommes des machines à survie — des robots aveuglément programmés pour transporter et préserver les molécules égoïstes dénommées gènes », on ne peut voir dans ces hiéroglyphes qu'un réductionnisme extrême faisant table rase de bien des informations provenant d'autres niveaux de connaissance. Comment ces notions de base se coordonnent-elles aux autres données scientifiques qui caractérisent les deux espèces ? À vrai dire, nous ne sommes encore qu'au stade initial de cette prospection.

Pour combler ce vide, les biologistes moléculaires ont inventé deux mots : la transcriptonome* et la protéomie*. Ce sont les définitions de deux domai-

nes d'ignorance : celui de la transcription du message génétique en nos organes et celui du processus d'édification de notre protéome c'est-à-dire de l'ensemble de nos protéines fonctionnelles et structurelles.

Dans le cas qui nous occupe, le seul progrès important réalisé consiste en un début d'analyse du langage. Des chercheurs anglais ont étudié trois générations d'une famille atteinte d'un trouble du langage qui se transmet comme un trait héréditaire autosomal dominant. Ces personnes ont de grandes difficultés à réaliser les mouvements faciaux inhérents à la parole ; ils sont atteints de dyspraxie verbale (Lai *et al.*, 2001). D'autre part, on a identifié un gène intervenant dans le langage auquel on a donné le nom de gène de la grammaire. Il a été situé en 1998 sur le chromosome humain 7, il porte la dénomination FOXP2. Ce gène code la protéine FOXP2 de 715 acides aminés qui ne diffère chez l'homme de celle commune au gorille et au chimpanzé que par deux acides aminés (Watson, 2003). De plus, les autres mammifères testés jusqu'à présent ont la même protéine que les deux singes. Ces éléments conduisent à penser que cette protéine est à la base du principe évolutif de notre langage. Mais on n'en est qu'au « b.a.-ba » du bébé.

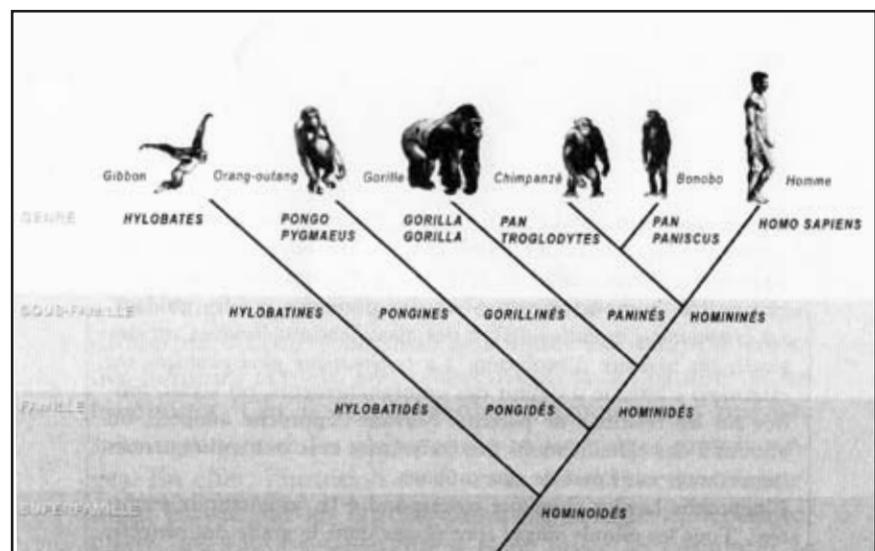
Le génome du chimpanzé a été décodé récemment. Le petit chromosome 22 correspondant à notre 21 a été décrypté en 2004. Les autres ont été séquencés en 2005. La similitude avec le génome humain est de l'ordre de 99 %. Mais l'analyse plus fine révèle plus de différences qu'on ne l'imaginait. Il existe un nombre énorme de petites ou grandes étendues qui s'ajoutent ou s'éliminent ; les insertions et les délétions sont très nombreuses, de l'ordre de 68000 (Weissenbach, 2004). En 5 millions d'années cela nous fait à chacun environ 34000 différences. Si même un grand nombre d'entre elles peuvent être sans conséquence, voilà une avancée qui nous place à nouveau devant des inconnues.

Ballotés entre des similitudes étonnantes qui vont jusqu'à une même pathologie de la trisomie 21 (McClure *et al.*, 1969) et d'autre part des divergences considérables, nous en sommes réduits à accepter le monde dans sa complexité et son caractère insaisissable.

DES VESTIGES ANCESTRAUX DATANT D'AVANT 5 MILLIONS D'ANNÉES

Darwin introduisit la notion de temps en biologie avec toutes les conséquences qui en résultèrent. La révélation de l'existence d'une certaine variabilité

Illustration 9 : filiation des grands singes ou hominoïdés actuels (Picq, 2003)
Les branchements se situent il y a 25 MA pour le gibbon, 12 MA pour l'orang-outang et 6 MA pour le chimpanzé. Dans le cas du macaque qui est un cercopithèque, il se situe entre 35 et 25 MA.



des caractères physiques lui permit de construire sa théorie de l'évolution. Les différences intra-spécifiques sont importantes et doivent être prises en compte. Je n'irai pas jusqu'à suggérer qu'il y a des chimpanzés intelligents et des individus de notre espèce qui ne sont pas sapiens. Mais, à l'intérieur de notre espèce, il existe des groupes sanguins et des groupes tissulaires importants jouant un rôle capital lors de transfusions et de greffes. Notre moi n'accepte que des autogreffes* ou des greffes conformes à des tests sévères d'histocompatibilité.

Cette étude a été étendue à notre ami le chimpanzé et à son moi. Je me limiterai à une seule information comparée à vrai dire remarquable. On a trouvé chez l'homme deux allèles d'un gène d'histocompatibilité que je désignerai par les lettres A et A' auxquels correspondent chez le chimpanzé, les allèles C et C'. Lorsqu'on compare ces allèles entre eux, on aboutit au curieux résultat suivant : A est plus proche de C que de A', de même A' est plus proche de C' que de A. Ainsi donc sous cet angle, nous voilà plus proche de Coco que de nos voisins de table. Ce paradoxe s'explique aisément grâce au temps : les groupes tissulaires datent d'avant notre ancêtre commun ; ils sont vieux de plus de 5 millions d'années. L'hybridation des ADN suggère une vétusté ancestrale de 30 à 35 millions d'années (Sibley et Ahlquist, 1987). Au cours de notre vie, nous transportons, comme l'escargot avec sa carapace, des archives biologiques que sont les vestiges d'une espèce de marche de Chine temporelle qui s'évalue en millions d'années et qu'il faut connaître pour nous connaître. Grâce soit rendue à Charles Darwin, James Watson et Francis Crick qui ont métamorphosé notre « Weltanschauung » en 1859 et en 1953.

CONCLUSIONS

Que conclure ? Toutes ces informations ont certes fait de nous ou du moins d'une très faible minorité d'entre nous des *Sapiens sapiens*. Mais ceux-ci n'en découvrent pas pour autant de perspective claire lorsqu'ils regardent devant eux. L'inconnu s'est modifié, il a pris un nouveau visage sibyllin.

Nos prophètes s'opposent. L'un matérialiste déclare : « *DNA neither knows, nor cares. And we dance to its music* » (Dawkins, 1996), l'autre découvre des

« gènes de l'espoir » (Cohen, 1993) et croit que nous sommes au début d'une ère nouvelle augmentant encore notre pouvoir.

Tenons-nous en si vous le permettez, plus prudemment à résumer notre parenté actuelle au moyen d'un schéma publié il y a plus de 25 ans, en 1975 exactement par King et Wilson (illustration 10). Nos deux banques héréditaires ont divergé symétriquement au cours de ces 5 derniers millions d'années. Par contre la différenciation organismique à partir de notre ancêtre commun a été peu marquée chez le chimpanzé et nettement plus accentuée chez nous.

Post-scriptum

Ce domaine de recherche a évolué considérablement au cours de ces dernières années. La parution tardive de cet aperçu — il fut envoyé début 2004 — justifie une certaine réac-

tualisation. Il nous a paru judicieux d'évoquer deux progrès importants récents :

1) Le génome d'*Homo neanderthalensis*

Vers 1830, le Dr. Schmerling (1791-1836), liégeois d'adoption, fêru de paléontologie, mit à jour deux crânes humains dans une grotte de la vallée des Awirs, proche d'Engis. L'un adulte s'avéra de la race de Cro-Magnon (Otte, 1979) ; il date d'environ - 4600 ans (Poty, communication personnelle). L'autre trouvé « au fond de la caverne à côté d'une dent d'éléphant » (Schmerling, 1833-34) est celui d'un enfant. Charles Fraipont (1883-1946), titulaire de la chaire de paléontologie de Liège, établit cent ans plus tard qu'il s'agissait d'un néandertalien (Fraipont, 1936). Voici qu'en 2006, ce crâne devient à nouveau actuel. Il vient de faire l'objet d'un prélèvement afin d'en étudier l'ADN (Green *et al.*,

Illustration 10 : schémas illustrant le contraste du changement organismique et du changement des séquences moléculaires chez le chimpanzé et chez l'homme, en fonction du temps (selon King et Wilson, 1975)

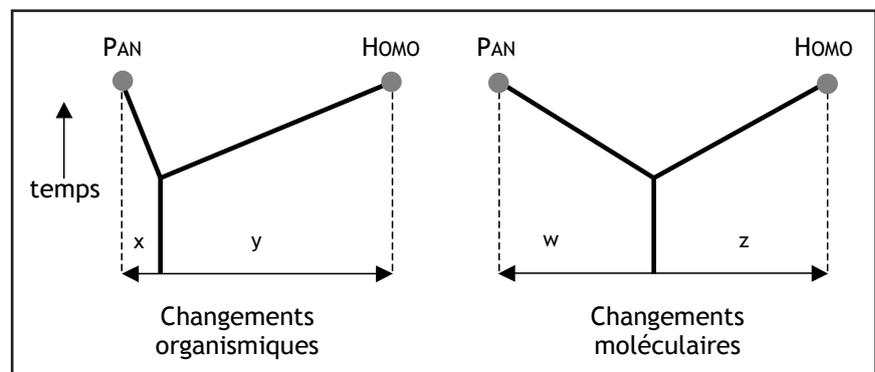
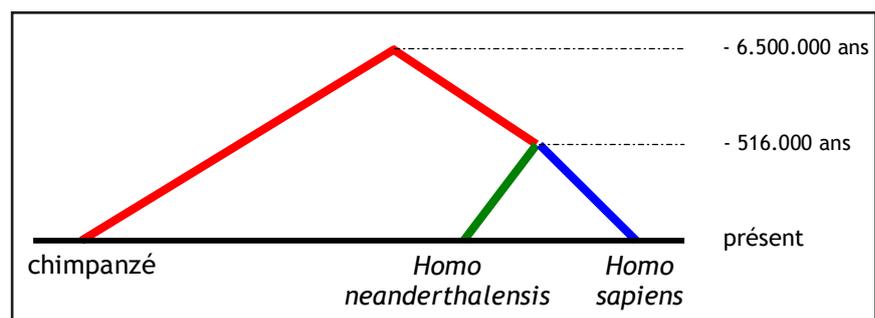


Illustration 11 : notre arbre phylogénique récent, d'après Green et collaborateurs (2006). La longueur des bandes colorées représente le nombre de changements nucléotidiques depuis l'ancêtre commun. Les changements propres aux néandertaliens sont figurés en vert, les nôtres en bleu. La filiation du bonobo reste à préciser au point de vue moléculaire .



2006). Il figure parmi les échantillons d'ossements fossiles néandertaliens européens dont on a cherché à isoler du collagène, de l'ADN mitochondrial et de l'ADN nucléaire.

Grâce à la superpuissance des techniques actuelles, des échantillons d'ADN provenant de 100 mg d'os permettent de déchiffrer des fragments d'ADN. La localisation de la branche néandertalienne de notre arbre phylogénétique a pu être établie (figure 11). Les auteurs fiers de ce premier succès comptent déchiffrer tout le génome d'ici 2 ans.

2) Le génome du macaque rhésus, une source d'information pour la compréhension des génomes du chimpanzé et de l'homme

La parenté chimpanzé-homme favorise par sa proximité la localisation des particularités héréditaires moléculaires des deux espèces. Mais la comparaison des deux génomes ne permet pas de distinguer l'espèce qui prolonge la voie ancestrale de celle qui adopte un parcours nouveau, original. Il manquait un repère. Le rhésus, avec sa divergence, se situant entre 25 et 35 MA, est venu résoudre cette indétermination (Rhesus Macaque Genome Sequencing and Analysis Consortium, 2007).

D'autre part, la comparaison récente par Bakewell et collaborateurs (2007) de 14.000 gènes de chimpanzé et d'homme révèle que 233 gènes de chimpanzé ont évolué alors que, dans notre cas, ce nombre n'est que de 154. Le schéma de l'illustration 10 qui clôturait en quelque sorte le texte de 2004 s'avère inapproprié. Nous sommes plus proches dans ce cadre de notre ancêtre commun que lui. La population simiesque plus importante aurait permis à la sélection naturelle d'intervenir plus souvent et aurait ainsi induit une évolution plus favorable. Notre destin dépendant d'un nombre moindre d'individus n'a pas permis au hasard de jouer un rôle aussi important. Nos aptitudes humaines ne semblent pas relever d'une norme darwinienne mais d'anomalies du destin.

Glossaire

AUTOGREFFE : greffe dans laquelle le greffon provient du sujet lui-même. Le donneur et le receveur ne font qu'un.

BACTERIOPHAGE : virus qui infecte les bactéries.

CARYOTYPE : représentation schématique des chromosomes d'une espèce rangés par ordre de taille décroissante, au stade condensé précédant la division cellulaire proprement dite appelé prophase (cf. mitose). Sous l'action de certains colorants, on peut mettre en évidence des bandes transversales d'ADN caractéristiques propres à chaque chromosome. On distingue deux types de chromosomes : les autosomes présents en double exemplaire et les chromosomes sexuels X et Y qui diffèrent l'un de l'autre.

CYTOCHROME C : protéine de la chaîne respiratoire localisée dans les mitochondries. Elle est formée d'une chaîne polypeptidique d'une centaine d'acides aminés et d'un groupement hémique. L'atome de fer de celui-ci peut changer de valence et transférer ainsi un électron le long de cette chaîne. Le poids moléculaire du cytochrome C est d'environ 12500.

CYTOGENETIQUE : branche de la génétique basée sur l'étude microscopique des chromosomes.

DREYFUS Alfred (1859-1935) : officier juif français accusé à tort de trahison, condamné au bagne puis gracié. Son procès suscita une opposition sociale violente entre les dreyfusards et les anti-dreyfusards dans les années 1894-1906.

EQUILIBRE PONCTUE : l'apparition d'une nouvelle espèce n'est pas due à une lente évolution mais à l'isolement d'une sous-population. Ce processus implique l'existence de périodes d'équilibres séparées par des punctuations.

FOUNDER PRINCIPLE DE MAYR : la spéciation résulte de l'isolement d'un petit groupe d'organismes du reste de la population en bordure géographique ou par ségrégation écologique (1954).

GENOME : ensemble de gènes d'une espèce. C'est la banque héréditaire des chromosomes de l'espèce dont l'ensemble forme le caryotype. Chacun des chromosomes contient une longue chaîne polynucléotidique qu'on déchiffre en déterminant les positions

des bases azotées Adénine (A) Thymine (T) Cytosine (C) et Guanine (G) le long de la chaîne.

HOMINOIDES : genre faisant partie de l'ordre des primates* lui-même subdivisé en 2 sous-ordres, les prosimiens parmi lesquels il y a les lémurins de Madagascar et les anthropoïdes. Ces derniers correspondent au monde des singes allant du ouistiti de petite taille aux singes de l'Ancien et du Nouveau Monde et à l'homme. Les anthropoïdes comprennent 6 familles dont 3 plus proches de notre espèce sont groupées sous la rubrique ou superfamille des hominoïdes : les hylobatidés dont les représentants les plus connus sont les petits gibbons aux grands bras, les pongidés ou grands singes, l'orang-outan, le gorille et le chimpanzé et les hominidés. Ce genre ne comprend qu'une seule espèce actuelle, *sapiens*. C'est le nom qu'elle s'est attribuée.

INVERSIONS PERICENTRIQUES : Les chromosomes peuvent se scinder en certains endroits. Si l'inversion des bandes colorées a lieu dans le voisinage du centromère, l'inversion est dite péricentrique. Si elle est plus éloignée, elle est dite paracentrique.

MITOSE : processus de division cellulaire débutant par la condensation de la chromatine diffuse du noyau en de longs filaments (*mitos* = filament) les chromosomes. Cette prophase s'accompagne de la dissolution de la membrane nucléaire. Les chromosomes se placent au milieu de la cellule (métaphase) puis se scindent selon leur longueur en 2. Il se forme aussi deux groupes identiques qui se déplacent vers les 2 pôles (anaphase). La chromatine se re-disperse finalement à l'intérieur des 2 nouveaux noyaux (télophase).

MUTATION : selon Hugo de Vries, un pangène c'est-à-dire une unité héréditaire indépendante peut occasionnellement se modifier et déterminer ainsi l'apparition d'une espèce nouvelle. Il y a mutation (1889).

NEODARWINISME : terme inventé par Romanes en 1896 pour désigner le darwinisme sans hérédité des caractères acquis autrement dit sans hérédité flexible. Ce

point de vue prôné par Weismann confèrait à la sélection un monopole intégral auquel Darwin lui-même n'avait pas cru.

NEOTENIE : persistance permanente ou temporaire de formes larvaires au cours du développement des organismes.

PANGENESE : théorie conçue par Darwin afin d'expliquer l'hérédité des caractères acquis. Elle suppose le transfert de granules, les gemmules, des organes vers les gonades et l'intégration de ces informations au matériel héréditaire des cellules germinales.

PRIMATES : ordre de la classe des mammifères comprenant les lémuriniens qui sont des singes des régions tropicales sortant la nuit et dont le type est le maki, les singes proprement dits et l'homme.

PROINSULINE : pro-hormone de l'insuline sécrétée par le pancréas, formée d'une chaîne polypeptidique de 81 acides aminés. Elle se scinde en un fragment médian de 30 acides aminés et l'insuline active comprend les 2 chaînes A et B de respectivement 21 et 30 acides aminés.

PROTEINE : un des trois constituants organiques des êtres vivants, les deux autres étant les saccharides et les lipides. Il résulte de l'association des 20 acides aminés naturels en chaîne polypeptidique (structure primaire). Celle-ci se

replie sur elle-même de diverses façons (structure secondaire) et prend ensuite une forme spatiale (structure tertiaire).

PROTEOMIQUE : domaine d'étude des actions de l'ensemble des protéines présentes dans une cellule qui est le protéome. En plus de leurs fonctions diverses bien connues (enzymatiques, respiratoires, musculaires, structurelles, etc), les protéines interagissent avec les gènes selon des processus en cours d'élucidation.

RHESUS : singe macaque de l'Asie du sud-est. Il fait partie de ce fait d'un groupe de singes de l'Ancien Monde ou cercopithèques, proche des hominoïdes.

SPECIATION : apparition de différences entre deux populations d'une même espèce donnant lieu à la formation de deux espèces. Elle consiste en l'ensemble des propriétés propres à l'espèce en plus de celle fondamentale de l'interfécondité des individus de l'espèce.

THEOLOGIE NATURELLE : selon les écrits des Pères de l'Église, la nature est comparable à un livre, l'analogie naturel du Livre révélé de la religion chrétienne, la Bible.

THEORIE NEUTRALISTE DE KIMURA : ce généticien japonais montra dès 1967 que le grand polymorphisme que les protéines

présentent souvent, n'a généralement pas d'effet phénotypique visible et ne peut être corrélé avec des paramètres des organismes ou du milieu. Ces différences liées à des mutations géniques sont sans conséquence, autrement dit neutres.

THEORIE SYNTHETIQUE DE L'ÉVOLUTION : synthèse des contributions des généticiens expérimentalistes, des naturalistes et des paléontologues en vue de l'élaboration d'une conception globale intégrée de l'évolution. Cette optique de coordination débuta dans les années 1937.

TRANSCRIPTOMIQUE : domaine d'étude de la transcription c'est-à-dire de la copie de l'ADN en vue du transfert de l'information qu'il contient. L'activité des gènes varie dans l'espace et le temps. Leurs fonctionnements obéissent aux processus complexes de l'ontogenèse et de la vie adulte. Ces mécanismes d'expression constituent un domaine capital à élucider (Le Douarin, 2000).

TYPOGENESE : formation d'un ensemble d'organismes ayant en commun une organisation structurelle propre, un type d'organisation donné.

BIBLIOGRAPHIE

- BAKEWELL M.A., SHI P., ZHANG J. More genes underwent positive selection in chimpanzee evolution than in human evolution. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 2007, **104**, 7489-7494.
- BELIN : Darwin, 1985, 75 p.
- BLANC M. L'histoire génétique de l'espèce humaine. *La Recherche*, 1984, **155**, 654-669.
- BRIEN P. À l'occasion d'un glorieux centenaire : « L'origine des espèces » de Charles Darwin et le problème de l'évolution. *Scientia*, 1960, 1-5.
- COHEN D. Les gènes de l'espoir : à la découverte du génome humain. Laffont : Paris, 1993, 301 p.
- DARWIN C. De l'origine des espèces ou des lois du progrès chez les êtres organisés. Guillaumin, Masson : Paris, 1862, 712 p.
- DAWKINS R. River out of Eden: a darwinian view of life. HarperCollins : New York, 1996, 192 p.
- DAYHOFF M.O. Computer analysis of protein evolution. *Sci. Am.*, 1969, **221**, 86-95.
- FLORKIN M. Etat belge contre E. Van Beneden. Chroniques de l'Université de Liège, Vaillant-Carmanne, Liège, 1967, 377-386.
- FRAIPONT C. Les hommes fossiles d'Engis. Masson : Paris, 1936, 49 p.
- GEHRING W.J. De la mouche à l'homme, un même supergène pour l'œil. *La Recherche*, 1995, **280**, 58-64.
- GOODMAN M. Man's place in the phylogeny of the primates as reflected in serum proteins. In : Washburn S.L., Classification and Human Evolution. Methuen : Londres, 1964, 204-234.
- GOULD S.J. Ontogeny and phylogeny. Harvard University Press : Cambridge, 1977, 501 p.
- GOULD S.J. Darwin et les grandes

- énigmes de la vie. Seuil : Paris, 1979, 308 p.
- GREEN R.E., KRAUSE J., PTAK S.E., BRIGGS A.W., RONAN M.T., SIMONS J.F., DU L., EGHOLM M., ROTHBERG J.M., PAUNOVIC M., PAABO S. Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA. *Nature*, 2006, **444**, 330-336.
- GROS F. Les secrets du gène. Seuil : Paris, 1986, 412 p.
- HAECKEL E. Histoire de la création naturelle ou doctrine scientifique de l'évolution. Reinwald : Paris, 1877.
- HAMOIR G. Du fixiste Pierre-Joseph Van Beneden à son fils darwinien Edouard. *Rev. Méd. Liège*, 1999, **54**, 636-643.
- HAMOIR G. La révolution évolutionniste en Belgique. Université de Liège : Liège, 2002a, 187 p.
- HAMOIR G. Charles Darwin à Liège. *Bull. Soc. Roy. Le Vieux Liège*, 2002b, **14**, 313-315.
- KIMURA M. La théorie neutraliste de l'évolution moléculaire. *Pour la Science*, 1998, 150-158.
- KING M.C., WILSON A.C. Evolution at two levels in Humans and Chimpanzees. *Science*, 1975, **188**, 107-116.
- KLEIN J., TAKAHATA N., AYALA, F. L'origine de l'homme : la génétique humaine. *Pour la Science*, 1994, dossier n°3, 110-115.
- LAI C.S., FISHER S.E., HURST J.A., VARGHA-KHADEM F., MONACO A.P. A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature*, 2001, **413**, 519-523.
- LE DOUARIN N. Chimères, clones et gènes. Odile Jacob : Paris, 2000, 480 p.
- LECOINTRE G., LEGUYADER H. Classification phylogénétique du vivant. Belin : Paris, 2001, 543p.
- MCCLURE H.M., BELDEN K.H., PIEPER W.A., JACOBSON C.B. Autosomal trisomy in a chimpanzee: resemblance to Down's syndrome. *Science*, 1969, **165**, 1010-1012.
- OTTE M. Les grottes d'Engis (Les Awirs). In : Otte M., Le paléolithique supérieur ancien en Belgique. Musées Royaux d'Art et d'Histoire : Bruxelles, 1979, 475-493.
- PICQ P.G. Au commencement était l'homme : de Toumaï à Cro-Magnon. Odile Jacob : Paris, 2003, 256 p.
- RHESUS MACAQUE GENOME SEQUENCING AND ANALYSIS CONSORTIUM Evolutionary and biomedical insights from the Rhesus Macaque genome. *Science*, 2007, **316**, 222-234.
- ROSSION P. Comment se construit un homme ? *Science et Vie*, 1994, **924**, 46-51.
- RUSE M. The Darwinian revolution : science red in tooth and claw. University of Chicago Press : Chicago, 1979, 320 p.
- RUSSELL E.S. Form and function : a contribution to the history of animal morphology. Murray : London, 1916, 383 p.
- SCHERMLING P.-C. Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liège. Collardin : Liège, 1834, 166 p.
- SIBLEY Ch.G., AHLQUIST J.E. DNA hybridization evidence of hominoid phylogeny : results from an expanded data set. *J. Mol. Evol.*, 1987, **26**, 99-121.
- TAYLOR G.R. Histoire illustrée de la biologie. Hachette : Paris, 1965, 367 p.
- WATSON J. ADN, le secret de la vie. Odile Jacob : Paris, 2003, 462 p.
- WEISSENBAACH J. Genome sequencing: differences with the relatives. *Nature*, 2004, **429**, 353-355.
- YUNIS J.J., SAWYER J.R., DUNHAM K. The striking resemblance of high-resolution G-banded chromosomes of Man and Chimpanzee. *Science*, 1980, **208**, 1145-1148.
- YUNIS J.J., PRAKASH O. The origin of man: a chromosomal pictorial legacy. *Science*, 1982, **215**, 1525-1530.