Table des matières

Partie 2: Histoire passée 3
Prédiction 2.1: Vestiges anatomiques 3
Confirmation 5
Réfutation potentielle: 7
Critiques 8
Définitions historiques de 'Vestigial' qui incluent une fonctionnalité 11
Prédiction 2.2: Atavismes 12
Confirmation: 13
Figure 2.2.1. Os provenant des membres postérieurs ataviques d'une baleine à bosse. 13
Figure 2.2.2. Les ailerons postérieurs d'un grand dauphin trouvé dans les eaux côtières japonaises. 14
Figure 2.2.3. Radiographie d'une queue atavistique trouvée chez une fillette de six ans. 16
Critiques 16
Réfutation potentielle: 17
Prédiction 2.3: Caractères vestigiaux moléculaires 17
Confirmation: 17
Réfutation potentielle: 18
Prédiction 2.4: Ontogénie et développement des organismes 18
Figure 2.4.1. Embryons de chat et d’êtres humains au stade du développement de la queue 18
Confirmation: 19
Figure 2.4.2. Embryon de dauphin avec bourgeons de membres postérieurs. 20
Figure 2.4.3. Coupe transversale histologique de la queue de l'embryon humain au stade 14 de Carnegie 20
Réfutation potentielle: 22
Critiques 22
Prédiction 2.5: Biogéographie actuelle 22
Confirmation: 23
Réfutation potentielle: 23
Prédiction 2.6: Biogéographie passée 23
Exemple 1: marsupiaux 24
Exemple 2: chevaux 24
Exemple 3: singes et humains 24
Références 25

Titre original : **29+ Evidences for Macroevolution - Part 2: Past History**

Auteur : Douglas Theobald, Ph.D.

Copyright © 1999-2012 - Version 2.89

Permission is granted to copy and print these pages in total for non-profit personal, educational, research, or critical purposes.

La page originale est disponible à l'adresse : http://www.talkorigins.org/faqs/comdesc/section2.html
Navigation :

- Introduction
  - Preuve scientifique et méthode scientifique
  - Glossaire
- Introduction à la phylogénétique
- Partie 1. Un arbre phylogénétique unique et historique
- Partie 2. Histoire passée
- Partie 3. Opportunisme évolutionniste
- Partie 4. Preuve moléculaire
- Partie 5. Changement
- Remarques finales

Partie 2: Histoire passée

En étudiant l'arbre phylogénétique standard, on peut constater que chaque espèce a une histoire généalogique unique. Chaque espèce possède une série unique d'ancêtres communs qui la relie à l'ancêtre commun original. Nous devrions nous attendre à ce que les organismes portent avec eux des preuves de cette histoire et de leurs ancêtres. L'arbre phylogénétique standard prédit quelle preuve historique est possible et ce qui est impossible pour chaque espèce donnée.

Prédiction 2.1: Vestiges anatomiques

"L'aile de l'autruche ressemble à celle du faucon et de l'aigle. Qui ne sait pas à quel point la vitesse du faucon et de l'aigle en vol est supérieure à celle des autres oiseaux? L'autruche a certes des ailes comme la leur mais pas leur vitesse de vol. En fait , il n'a pas la capacité de se soulever du sol et donne seulement l'impression d'étendre ses ailes comme pour voler, mais il ne se maintient jamais au-dessus de la terre en volant. Il en va de même pour tous ces hypocrites qui prétendent mener une vie de piété, donnant l'impression de la sainteté sans la réalité du comportement sacré. "

Le bestiaire d'Aberdeen

Folio 41v, c. AD 1200 - *sur l'autruche, ses vestiges sont un symbole de l'hypocrisie depuis le IIe siècle apr. J.-C.*

Certaines des preuves les plus connues de l'évolution sont les divers caractères vestigiaux non fonctionnels ou rudimentaires, à la fois anatomiques et moléculaires, que l'on retrouve à travers toute la biologie. Un vestige est défini, indépendamment de la théorie de l'évolution, comme une structure réduite et rudimentaire par rapport à la même structure complexe chez d'autres organismes. Les caractères vestigiaux, s'ils sont fonctionnels, remplissent des fonctions relativement simples, mineures ou non essentielles, à l'aide de structures clairement conçues à d'autres fins complexes. Bien que de nombreux organes vestigiaux n'aient aucune fonction, la non-

fonctionnalité complète n'est pas une exigence de la vestigialité (Crapo 1985; Culver et al. 1995; Darwin 1872, pp. 601-609; Dodson 1960, p. 44; Griffiths 1992; Hall 2003; McCabe 1912, p. 264; Merrell 1962, p. 101; Moody 1962, p. 40; Muller 2002; Naylor 1982; Strickberger 2000; Weismann 1886, pp. 9-10; Wiedersheim 1893, p. 2, p. 200, p. 205).



Figure 2.1.1. Structures vestigiales de divers organismes. De haut en bas: A. Une autruche hypocrite aux ailes déployées. B. Une salamandre aveugle des cavernes - regardez de près les yeux enfouis sous la peau. C. *Astyanax mexicanus*, le tétra mexicain, un poisson des cavernes aveugle.
Par exemple, les ailes sont des structures anatomiques très complexes spécialement adaptées au vol motorisé, alors que les autruches ont des ailes incapables de voler. Les ailes vestigiales des autruches peuvent être utilisées pour des fonctions relativement simples, telles que l'équilibre pendant la course et les parades nuptiales - une situation semblable à celle de cogner avec un marteau sur un clavier d'ordinateur. La complexité spécifique de l'aile d'autruche indique une fonction qu'elle ne remplit pas et des fonctions sans rapport avec sa complexité. Les ailes d'autruche ne sont pas vestigiales parce qu'elles sont des structures inutiles *en elles-mêmes*, ni parce qu'elles ont des fonctions différentes de celles des ailes chez d'autres oiseaux. Ce qui définit plutôt les ailes d'autruche comme vestigiales, c'est qu'elles sont des ailes rudimentaires qui sont inutilisables *en tant qu'ailes*.

Les structures vestigiales ont laissé perplexes les naturalistes à travers l'histoire et ont été remarquées bien avant que Darwin ne propose pour la première fois la descendance commune universelle. De nombreux naturalistes des XVIIIe et XIXe siècles ont identifié et discuté des structures vestigiales, dont Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), Georges-Louis Leclerc, le Compte de Buffon (1707-1788) et Georges Cuvier (1769-1832). Plus de soixante ans avant la publication par Darwin de *L'origine des espèces*/, l'éminent anatomiste français Geoffroy St. Hilaire (1772-1844) a présenté ses observations sur les restes d'ailes du casoar et de l'autruche lors de son voyage avec Napoléon en Égypte:

"Il existe une autre espèce qui, comme l'autruche, ne quitte jamais le sol, le casoar, dans laquelle le

raccourcissement [de l'aile] est si considérable, qu'il ne s'agit guère que d'un vestige d'aile. Son bras n'est, cependant, pas entièrement éliminé. Toutes les parties se retrouvent sous la peau. (…)

Considérées comme inutiles dans ces circonstances, ces rudiments de la furcula n'ont pas été éliminés, car la nature ne fonctionne jamais par sauts rapides, et elle laisse toujours des vestiges d'un organe, même s'il est totalement superflu, si cet organe joue un rôle important chez une autre espèce de la même famille. Ainsi, sous la peau des flancs du casoar se trouvent les vestiges des ailes … "(Geoffroy 1798)

Geoffroy ne savait pas exactement pourquoi la nature "laissait toujours des traces d'un organe", sans toutefois renier ses observations empiriques. Dix ans plus tard, Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) identifia plusieurs structures vestigiales dans sa *philosophie zoologique* (Lamarck 1809, p. 115-116):

"Les yeux de la tête sont caractéristiques d'un grand nombre d'animaux différents et font essentiellement partie du plan d'organisation des vertébrés. Pourtant, la taupe, dont les habitudes exigent une très faible utilisation de la vue, n'a que des yeux minuscules et à peine visibles. ...

Le *Spalax*, qui vit sous terre comme la taupe et est apparemment exposé à la lumière du jour encore moins que la taupe, a complètement perdu l'usage de la vue: il ne montre donc plus que des vestiges de cet organe. Même ces vestiges sont entièrement cachés sous la peau et d'autres parties qui les recouvrent et ne laissent aucun accès à la lumière.

Le *Proteus*, un reptile aquatique semblable aux salamandres et vivant dans de profondes cavernes sombres sous l'eau, n'a, comme le *Spalax*, que des vestiges de l'organe visuel, des vestiges qui sont recouverts et dissimulés de la même manière. "(Lamarck 1809 , page 116)

Même Aristote a parlé des étranges vestiges d'yeux des taupes au IVe siècle av. J.-C. dans *De animalibus historiae* (lib. I, chap. IX), dans lequel il les a identifiés comme "en retard de développement" et " pas des yeux au sens complet".

Comme ces individus l'ont noté, les vestiges peuvent être des caractéristiques particulièrement déroutantes des organismes, puisque ces structures «hypocrites» professent quelque chose qu'elles ne font pas: elles semblent clairement conçues pour une fonction qu'elles ne remplissent pas. Cependant, la descendance commune fournit une explication scientifique à ces structures particulières. Les espèces existantes ont des structures différentes et remplissent des fonctions différentes. Si tous les organismes vivants descendent d'un ancêtre commun, alors fonctions et structures ont nécessairement été gagnées et perdues dans chaque lignée au cours de l'histoire macro-évolutive. Par conséquent, à partir de descendance commune et de la contrainte du gradualisme, nous prévoyons que de nombreux organismes devraient conserver des structures vestigiales en tant que restes structurels de fonctions perdues. Notez que le mécanisme évolutif exact qui a créé une structure vestigiale est sans importance tant que le mécanisme est progressif.

Confirmation

Il existe de nombreux exemples de caractères vestigiaux rudimentaires et non fonctionnels portés par des organismes, et ceux-ci peuvent très souvent être expliqués en termes d'histoires évolutives. Par exemple, à partir de preuves phylogénétiques indépendantes, on sait que les serpents sont les descendants de reptiles à quatre pattes. La plupart des pythons (qui sont des serpents sans pattes) portent des pelvis vestigiaux cachés sous leur peau (Cohn, 2001; Cohn et Tickle, 1999). Le pelvis vestigial chez les pythons n'est pas attaché aux vertèbres (comme c'est le cas normal chez la plupart des vertébrés), il flotte simplement dans la cavité abdominale. Certains lézards ont des jambes rudimentaires et vestigiales sous la peau, indétectables de l'extérieur (Raynaud et Kan, 1992).

De nombreux animaux troglodytiques, tels que les poissons *Astyanax mexicanus* (le tétra mexicain) et les espèces de salamandres *Typhlotriton spelaeus* et *Proteus anguinus*, sont aveugles mais ont des yeux

rudimentaires et vestigiaux (Besharse et Brandon 1976; Durand et al. 1993; Jeffery 2001; Jeffery 2001; Kos et al 2001). Les yeux du tétra mexicain ont une lentille, une rétine dégénérée, un nerf optique dégénéré et une sclérotique, même si le tétra ne peut pas voir (Jeffery 2001). Les salamandres aveugles ont des yeux avec des rétines et des lentilles, mais les paupières se développent sur l'œil, les isolant de la lumière extérieure (Durand et al. 1993; Kos et al. 2001).

Les pissenlits se reproduisent sans fécondation (une condition connue sous le nom d'*apomixis*), mais conservent des fleurs et produisent du pollen (les deux organes sexuels sont normalement utilisés pour la fécondation sexuelle) (Mes et al. 2002). Les fleurs et le pollen sont donc des caractères inutiles pour les pissenlits en termes de reproduction sexuée.

Il existe de nombreux exemples de coléoptères incapables de voler (tels que les charançons du genre Lucanidae) qui conservent des ailes parfaitement formées logées sous des couvre-ailes (élytres) fusionnés. Tous ces exemples peuvent être expliqués en termes de fonctions et de structures bénéfiques chez les ancêtres prédits des organismes (Futuyma 1998, pp. 122-123).

On sait que les ancêtres des humains étaient herbivores et que des molaires sont nécessaires pour mâcher et broyer du matériel végétal. Plus de 90% de tous les humains adultes développent des troisièmes molaires (également appelées dents de sagesse). Habituellement, ces dents ne sortent jamais des gencives et chez un tiers des individus, elles sont malformées et impactées (Hattab et al. 1995; Schersten et al. 1989). Ces dents inutiles peuvent causer une douleur importante, un risque accru de blessures et même entraîner la maladie, voire la mort (Litonjua, 1996; Obiechina et al., 2001; Rakprasitkul, 2001; Tevepaugh et Dodson, 1995).

L'appendice vermiforme est un autre vestige de notre ascendance herbivore. Bien que cette structure intestinale puisse conserver une fonction quelconque, peut-être dans le développement du système immunitaire, il s'agit d'une version rudimentaire du caecum, beaucoup plus gros, qui est essentielle à la digestion des plantes chez d'autres mammifères. Pour une discussion détaillée de la vestigialité de l'appendice vermiforme humain, voir The vestigiality of the human vermiform appendix: A modern reappraisal.







Figure 2.1.2. Divers organismes affichant des caractères vestigiaux. De haut en bas: A. *Apterocyclus honolulensis*, un charançon incapable de voler. Les élytres noirs des ailes ne peuvent pas s'ouvrir car ils sont soudés, mais leurs ailes sont parfaitement formées en dessous. B. La fleur résiduelle de *Taraxacum officinale*, le pissenlit commun. C. Un grain de pollen vestigial du pissenlit.

Une autre structure vestigiale humaine est le coccyx, les quatre vertèbres caudales fusionnées trouvées à la base de la colonne vertébrale, exactement là où la plupart des mammifères et de nombreux autres primates ont une queue externe dépassant de leur dos. Les humains et les autres singes sont parmi les seuls vertébrés à ne pas avoir de queue externe à l'âge adulte. Le coccyx est un reste du développement de la queue embryonnaire qui se forme chez l'homme, puis est dégradé et consommé par notre système immunitaire (pour plus de détails, voir les sections suivantes concernant la queue embryonnaire humaine et l'atavisme de la queue humaine). Notre queue interne est inutile pour s'asseoir, marcher et éliminer (fonctions qui sont toutes attribuées au coccyx par de nombreux anti-évolutionnistes). La vertèbre caudale du coccyx peut causer une douleur chronique extrême et inutile chez certaines malheureuses personnes, une maladie appelée coccydynie. Tout le coccyx peut être enlevé chirurgicalement sans aucun effet nocif (hormis les complications chirurgicales), avec comme seule limite, chez un petit nombre de patients, que l'ablation du coccyx n'a malheureusement pas éliminé leur douleur (Grossovan and Dam 1995; Perkins et al. 2003; Postacchini Massobrio 1983; Ramsey et al. 2003; Shaposhnikov 1997; Wray 1991). Nos petites vertèbres caudales, rudimentaires et fusionnées, pourraient avoir des fonctions mineures et non essentielles, mais ces vertèbres sont inutiles pour l'équilibre et la saisie, leurs fonctions habituelles chez d'autres mammifères.

Réfutation potentielle:

Aucun organisme ne peut avoir une structure vestigiale qui n'était auparavant pas fonctionnelle chez l'un de ses ancêtres. Ainsi, pour chaque espèce, l'arbre phylogénétique standard fait un grand nombre de prédictions sur les caractères résiduels autorisés et ceux qui sont impossibles pour une espèce donnée.

Les caractères dérivés partagés et les données de séquence moléculaire, et non des caractères vestigiaux, déterminent la phylogénie et les caractéristiques des ancêtres communs prédits. Ainsi, si la descendance commune est fausse, les caractères vestigiaux pourraient très bien ne pas avoir d'explication évolutive. Par exemple, les baleines sont classées comme mammifères selon de nombreux critères, tels que posséder des glandes mammaires, un placenta, un os dans la mâchoire inférieure, etc. Les serpents sont également classés comme reptiles par plusieurs autres caractéristiques dérivées. Cependant, il est théoriquement possible que les serpents ou les baleines puisse être classés comme des poissons (comme Linnaeus l'avait fait à l'origine). Si tel était le cas, les jambes restantes des baleines ou les pelvis restants des serpents n'auraient aucun sens sur le plan de l'évolution et seraient incompatibles avec une descendance commune.

Il s'ensuit que nous ne devrions jamais trouver de mamelons ou d'os incus vestigial chez aucun amphibien, oiseau ou reptile. Aucun mammifère ne devrait être retrouvé avec des plumes rudimentaires. Aucun primate ne devrait jamais être retrouvé avec des cornes restantes ou des ailes dégénérées cachées sous la peau du dos. Nous ne devrions jamais trouver d'arthropode ayant une colonne vertébrale restante. Les serpents peuvent

parfois avoir des restes de membres, mais ils ne devraient jamais être trouvés avec des restes d' ailes. Les humains peuvent avoir un caecum vestigial, puisque nous sommes des descendants de mammifères herbivores, mais ni nous ni aucun autre primate ne pouvons avoir un gésier vestigial semblable à celui que l'on trouve chez les oiseaux. *Mutatis mutandis ad infinitum.*

Critiques

Cette prédiction n'est pas réfutée par la découverte d'une fonction complexe ou essentielle pour la structure supposée vestigiale. Si des données de ce type sont trouvées, la structure devient simplement un exemple de parahomologie (considéré dans la prévision 3.1) ou, plus probablement, un exemple de conception inefficace (considéré dans la prévision 3.5). Les observations qui seraient vraiment incompatibles avec le concept de vestigialité sont données ci-dessus. Des explications plus détaillées et plus spécifiques sur la manière de démontrer que l'appendice humain n'est pas vestigial sont données dans la FAQ sur le vestigialité de l'appendice vermiforme humain.

De nombreux auteurs anti-évolutionnistes ont conclu à tort que les structures vestigiales n'existaient pas. Ils estiment que soit (1) les organes vestigiaux sont réellement fonctionnels, soit (2) il est théoriquement impossible de démontrer qu'une structure n'a aucune fonction (par exemple, voir Ham et al. 1990; Batten et Sarfati 2003; Bergman et Howe 1990; Morris 1986). Ce dernier argument repose sur l'hypothèse erronée que des résultats négatifs sont utilisés pour démontrer un manque de fonction et que des preuves négatives ne sont pas scientifiques. Ces arguments sont erronés pour trois raisons, chacune examinée ci-dessous.

1. Les vestiges peuvent avoir des fonctions
2. Les preuves positives démontrent un manque de fonctionnalité
3. Les preuves négatives sont scientifiques lorsqu'elles sont contrôlées

---

1. Les vestiges peuvent être fonctionnels Tout d'abord et surtout, cette argumentation n'est pas pertinente, car il n'est pas nécessaire que les vestiges manquent de fonction (voir Muller 2002 pour une discussion moderne du concept de vestigial qui inclut spécifiquement la fonctionnalité). De nombreux vrais vestiges sont fonctionnels (pour de nombreux exemples, voir Culver et al. 1995). Dans l'usage courant, "vestigial" est souvent considéré comme synonyme de "non fonctionnel", et cette confusion a malheureusement été propagée par le biais de définitions mal formulées trouvées dans de nombreux dictionnaires et encyclopédies non techniques. Même certains chercheurs biologistes professionnels ont été victimes de cette simplification excessive du concept vestigial (par exemple, Scadding 1981, souvent cité par des anti-évolutionnistes et discuté dans la FAQ Citing Scadding (1981) et Misunderstanding Vestigiality). L'affirmation que les structures vestigiales sont sans fonction est une approximation commode, mais strictement incorrecte. Cela est analogue à l'affirmation scientifique commune, mais strictement incorrecte, selon laquelle la Terre est une sphère.

Plusieurs négateurs de l'évolution ont faussement prétendu que les biologistes avaient modifié la définition des structures rudimentaires et vestigiales, lorsque des fonctions ont été trouvées pour de nombreux vestiges (voir Bergman et Howe 1990, p. 2-3; Sarfati, J. 2002). Jonathan Sarfati de *Answers in Genesis* dit par exemple :

"L'encyclopédie *World Book Encyclopedia 2000* dit:" Les organes vestigiaux sont les restes inutiles d'organes qui ont déjà été utiles à un ancêtre de l'évolution ". Certains évolutionnistes, comme le Dr Meiss, veulent maintenant redéfinir le terme" vestigial "comme signifiant simplement 'fonction réduite ou modifiée' ... AiG ne laissera pas les évolutionnistes changer les règles à leur guise quand ils perdent leur argument. " (Sarfati, J. 2002).

"Le *Shorter Oxford English Dictionary* (1993) définit le terme" vestigial "comme" dégénéré ou atrophié, devenu sans fonction au cours de l'évolution ". Certains évolutionnistes redéfinissent maintenant le terme «vestigial»

pour simplement signifier «fonction réduite ou altérée». Ainsi, même des organes performants et fonctionnels (compatibles avec la conception) pourraient désormais être qualifiés de “vestigiaux”. Les créationnistes ne devraient pas laisser les évolutionnistes changer les règles lorsqu'ils perdent. ” (Sarfati, J. 1999).

Les arguments de Sarfati ne sont pas valables pour plusieurs raisons.

Premièrement, même si les biologistes avaient véritablement changé la définition de «vestige», pourquoi cela poserait-il un problème en science? Cela n’en poserait pas - toute la science change à mesure que de nouvelles données sont acquises et que les théories sont clarifiées. En utilisant la logique de Sarfati, nous devrions rejeter des théories modernes telles que la théorie de la relativité d'Einstein, dans la mesure où “les physiciens ont changé les règles à leur guise quand ils ont perdu”.

Deuxièmement, Sarfati cite les définitions laconiques et profanes d'un dictionnaire populaire et d'une encyclopédie pour enfants comme si elles étaient des autorités scientifiques. Il est fort probable que la personne qui a écrit ces définitions n'était pas un biologiste de l'évolution. Pour ce que nous en savons, il pourrait même avoir été un créationniste anti-évolutionniste ou un créationniste jeune terre! Tout vrai scientifique (ou érudit légitime de quelque nature que ce soit) consulterait un texte scientifique avancé pour obtenir les définitions des termes techniques, en particulier pour tenter de les critiquer. Dans ce cas, l'*Encyclopedia of Evolution* en 2 volumes (Muller, 2002), avec des discussions techniques écrites par de véritables biologistes chercheurs, serait l'une des nombreuses sources appropriées.

Troisièmement, indépendamment du malentendu populaire, depuis le début de la théorie moderne de l'évolution, une absence complète de fonction n'a pas été une exigence de la vestigialité (Crapo 1985; Culver et al. 1995; Darwin 1872, pp. 601-609; Dodson 1960, p. 44; Griffiths 1992; McCabe 1912, p. 264; Merrell 1962, p. 101; Moody 1962, p. 40; Muller 2002; Naylor 1982; Strickberger 2000; Weismann 1886; Wiedersheim 1893, p. 2, p. 200, p. 205). La revendication de Sarfati est basée sur l'ignorance et il ne fournit bien sûr aucune référence historique démontrant que les biologistes de l'évolution ont réellement changé la définition. Comme contre-exemple évident, Charles Darwin ne prétend jamais que les organes vestigiaux doivent être sans fonction. Dans sa célèbre section sur les organes vestigiaux dans *L'origine des espèces*, écrite il y a près de 150 ans, Darwin souligne en fait que les vestiges peuvent être fonctionnels et donne plusieurs exemples:

“On ne doit pas considérer comme rudimentaires les organes qui, si peu développés qu’ils soient, ont cependant quelque utilité, *à moins que nous n’ayons des raisons pour croire qu’ils étaient autrefois plus développés*.” (Darwin 1859, italique ajouté)

“*Un organe servant à deux fonctions peut devenir rudimentaire ou s’atrophier complètement pour l’une d’elles, parfois même pour la plus importante, et demeurer parfaitement capable de remplir l’autre*. Ainsi, chez les plantes, le rôle du pistil est de permettre aux tubes polliniques de pénétrer jusqu’aux ovules de l’ovaire. Le pistil consiste en un stigmate porté sur un style ; mais, chez quelques composées, les fleurs mâles, qui ne sauraient être fécondées naturellement, ont un pistil rudimentaire, en ce qu’il ne porte pas de stigmate ; le style pourtant, comme chez les autres fleurs parfaites, reste bien développé et garni de poils qui servent à frotter les anthères pour en faire jaillir le pollen qui les environne. *Un organe peut encore devenir rudimentaire relativement à sa fonction propre et s’adapter à un usage différent* ; telle est la vessie natatoire de certains poissons, qui semble être devenue presque rudimentaire quant à sa fonction propre, consistant à donner de la légèreté au poisson, pour se transformer en un organe respiratoire ou en un poumon en voie de formation. *On pourrait citer beaucoup d’autres exemples analogues.*”(Darwin 1859 voir le texte original; également Darwin 1872, p. 602, italique ajouté)

“Les organes rudimentaires, au contraire, tels, par exemple, que les dents qui ne percent jamais les gencives, ou que les ailes d’une autruche qui ne servent plus guère que de voiles, sont presque inutiles.” (Darwin 1872, p. 603)

“…un organe qui, par suite de changements dans les conditions d’existence, devient nuisible ou inutile, peut, à certains égards, se modifier de manière à servir à quelque autre usage.” (Darwin 1872, p. 603)

L'un des biologistes de l'évolution les plus influents du XIXe siècle, August Weismann, a écrit sur les vestiges fonctionnels en 1886 dans son long essai intitulé “Développement régressif dans la nature”:

“... car, bien que cette dernière [l’ autruche] ne vole pas, elle utilise toujours ses ailes pour l’aider à courir rapidement dans les plaines et les déserts africains ... Cependant, la régression n'est pas toujours suffisamment poussée pour en finir avec une structure tout à fait ... Mais il n'est pas rare que l'organe en dégénérescence puisse être exploité d'une autre manière, puis la régression s'interrompt soit jusqu'à l'élimination réelle, comme dans le cas des ailes de l'autruche, ou modifie et transforme la structure pour l’adapter à de nouvelles fonctions ... ”(Weismann 1886, pp. 5-9)

Comme expliqué ci-dessus, ce qui est surprenant au sujet de l'aile d'autruche fonctionnelle et vestigiale, ce n'est pas que l'aile d'autruche soit totalement dépourvue de fonction, mais bien qu'il s'agisse d'une aile rudimentaire inutilisée pour le vol motorisé, son “objectif approprié”, comme le dit Darwin. Même Robert Wiedersheim, le catalogueur notoire de 86 structures vestigiales humaines, ne prétend jamais que les structures vestigiales doivent manquer de fonctions. Dans l'introduction de *The Structure of Man*, Wiedersheim définit le terme “vestigial” en termes évolutifs:

“La morphologie comparée renvoie non seulement au plan d'organisation essentiellement similaire des corps de tous les vertébrés, ... mais aussi à la présence en eux de certains organes, ou de parties d'organes, maintenant appelés «vestigial». Par tels organes, on entend ceux qui présentaient autrefois une plus grande signification physiologique qu'aujourd'hui. ”(Wiedersheim 1893, p. 2)

À la fin de son livre, Wiedersheim énumère ses 86 structures vestigiales sous cette rubrique:

“B. Modifié de manière régressive, les organes étant devenus totalement ou *en partie* sans fonction, certains n'apparaissant que dans l'embryon, d'autres présents dans la vie de façon constante ou non. Pour la plupart, des organes que l'on peut à juste titre appeler vestigiaux.” (Wiedersheim 1893, p. 200, italique ajouté)

“... comme il a été souligné dans l'introduction, le terme “vestigial “ne s'applique, en règle générale, qu'aux organes qui ont perdu leur signification physiologique d'origine.” (Wiedersheim 1893, p. 205)

Wiedersheim, écrivant dans une perspective évolutive, souligne dans sa définition que les structures vestigiales ont perdu leur signification physiologique *initiale, plus grande*, pas *toute* signification physiologique. Il ne limite jamais les structures vestigiales à ceux qui n'ont pas de fonction et tout au long du livre mentionne les fonctions de nombreux organes qu'il qualifie de vestigiaux.

De nombreux anti-évolutionnistes aiment citer un article de Steven Scadding (Scadding, 1981) dans lequel il critique l'analyse de Wiedersheim sur les organes vestigiaux en tant que preuve de l'évolution. Les objections de Scadding reposent sur l'hypothèse fausse selon laquelle les structures vestigiales ne doivent avoir aucune fonction par définition. Wiedersheim, que Scadding critique spécifiquement, ne prétend pas cela. Étant donné que Scadding représente mal la position de Wiedersheim et utilise une définition incorrecte du terme vestigial en général, les points de Scadding ne sont pas valides. Les problèmes profonds posés par le document de Scadding ont été corrigés dans la littérature scientifique, et les anti-évolutionnistes qui citent ce document s'illustrent par leur ignorance. Une discussion détaillée du document de Scadding de 1981 est donnée dans la FAQ Citing Scadding (1981) et Misunderstanding Vestigiality)

---

2. Les preuves positives sont utilisées pour démontrer l'absence de fonction

Même si la conclusion peut être négative (“la structure x n'a pas de fonction”), la détection de la fonctionnalité biologique ou de son absence repose sur des preuves positives et non sur des preuves négatives. En biologie organismique, une fonction est un processus physique exécuté par un organe nécessaire à la reproduction réussie de l'organisme dans un environnement spécifique. Les fonctions sont mesurées en termes de reproduction et de viabilité. Un organe n'a aucune fonction dans un environnement donné si sa présence n'a

aucun effet statistiquement significatif sur le succès ou la viabilité de la reproduction. Le succès et la viabilité de la reproduction peuvent être observés et mesurés quantitativement et constituent donc des données positives.

---

3. Les données négatives peuvent être utilisées comme preuves scientifiques

Les preuves négatives sont certainement valables lorsqu'elles sont utilisées correctement, et des preuves négatives sont utilisées et rapportées systématiquement dans la littérature scientifique. L'affirmation générale selon laquelle les preuves négatives ne peuvent être utilisées pour vérifier une hypothèse est une philosophie nihiliste qui n'a pas sa place dans la science expérimentale. Une preuve négative est admissible si elle est acquise avec les contrôles expérimentaux appropriés. Une bonne technique expérimentale implique des observations contrôlées, que les preuves soient positives ou négatives. Les résultats positifs sont renforcés par des contrôles négatifs; des résultats négatifs valides nécessitent des contrôles positifs.

Pour clarifier l'importante question des contrôles expérimentaux, considérons l'analogie suivante avec la physique. S'il est impossible de démontrer qu'une certaine structure n'a pas de fonction, il est impossible, par la même logique, de démontrer qu'un élément atomique donné n'est pas radioactif. Cependant, il est bien établi en physique que le plomb 206 n'est pas radioactif. Nous le savons parce que la radioactivité est détectable pour d'autres éléments, tels que le phosphore 32, alors que la radioactivité est simultanément indétectable pour le plomb 206. Dans cet exemple de physique, le phosphore 32 est un contrôle positif, qui est nécessaire pour utiliser les preuves négatives recueillies à partir du plomb 206. De même, nous pouvons certainement démontrer qu'une structure donnée n'a aucune fonction lorsque nous pouvons simultanément détecter une fonction pour une autre structure dans le même environnement.

Définitions historiques de 'Vestigial' qui incluent une fonctionnalité

Voir également les citations précédemment citées de Darwin 1859 et 1872, Weismann 1886, et Wiedersheim 1893.

- vestigial. a. Of, pertaining to, or of the nature of a vestige; like a mere trace of what has been; also, rudimentary. In biology vestigial has a specific application to those organs or structures which are commonly called rudimentary, and are rudimentary in fact, but which are properly regarded, not as beginnings or incipient states, but as remains of parts or structures which have been better developed in an earlier stage of existence of the same organismm, or in lower preceding organisms, and have aborted or atrophied, or become otherwise reduced or rudimental in the evolution of the individual or of the species. (The Century Dictionary: An Encyclopedic Lexicon of the English Language 1911)
- "Vestigial organs are sometimes pressed into a secondary use when their original function has been lost." (The Story of Evolution, Joseph McCabe, 1912, p.264)
- vestige b. (biol.) a rudimentary, degenerate survival of a former organ or structure. (Universal Dictionary of the English Language 1932)
- vestige n. 2. Biol Specif., a small, degenerate, or imperfectly developed part or organ which has been more fully developed in an earlier stage of the individiual or in a past generation. (Webster's New International Dictionary of the English Language 1957)
- When structures undergo a reduction in size together with a loss of their typical function, that is, when they become vestigial, they are quite commonly considered to be degenerate and functionless. But Simpson has recently pointed out that this need not be true at all: the loss of the original function may be accompanied by specialization for a new function. (Evolution: Process and Product, E. O. Dodson, 1960)
- vestige. n. 2: a small and degenerate or imperfectly developed bodily part or organ that remains from one more fully developed in an earlier stage of the individual, in a past generation, or in closely related forms. (Webster's Seventh New Collegiate Dictionary 1963)

- vestige. n. 2. Biol. A part or organ small or degenerate, tho ancestrally well developed.
- vestigial adj. Biol. Having become small or degenerate: representing a structure or structures once more complete in functional activity. (Funk and Wagnalls New Standard Dictionary of the English Language 1964)
- “It is incorrect to state that to be vestigial an organ must be non-functional … it is not essential that a vestigial organ be totally without function.” (Naylor 1982)
- vestige A degenerate anatomical structure or organ that remains from one more fully developed and functional in an earlier phylogenetic form of the individual. (Dictionary of Bioscience 1997)
- vestigial Occuring in a rudimentary condition, as a result of evolutionary reduction from a more elaborated, functional character state in an ancestor. (Futuyma 1998, from the Glossary)
- Vestigial Organs and Structures :Vestigial organs and structures (also called vestigia, rudiments, or remnants) are reduced body parts or organs, often without visible function in the derived bearers, that were fully developed and functioning in earlier members of that phylogenetic lineage. These structures, sometimes described as atrophied or degenerate, are usually small in comparison with their relative size in ancestral generations or in closely related species. … vestigial structures may have acquired new, less obvious functions that differ from the original ones. Hence, a vestigium should not generally be considered without function, or only with respect to its ancestral, adult roles. (Encyclopedia of Evolution 2002, pp 1131-1133)
- vestige *noun* 2: a bodily part or organ that is small and degenerate or imperfectly developed in comparison to one more fully developed in an earlier stage of the individual, in a past generation, or in closely related forms. (Merriam-Webster Dictionary 2003)
- Vestiges The feature is an adult remnant of a feature (a homologue) that is more fully formed in an ancestor and/or in a related taxon. Evidence of a vestige is some element of phylogenetic continuity of the feature and shared developmental mechanisms with ancestral or related taxa that have the fully formed feature. Vestiges either are non-functional or may have a different function from the fully formed ancestral feature. If fully developed, the adult feature would be classified as a homologue. (Hall 2003)

Prédiction 2.2: Atavismes

- Exemple 1: baleines actuelles à pattes
- Exemple 2: nouveau-nés à queue

Les atavismes anatomiques sont étroitement liés conceptuellement aux structures vestigiales. Un *atavisme* est la réapparition d'un caractère perdu spécifique à un ancêtre évolutif éloigné et non observé chez les parents ou les ancêtres récents de l'organisme affichant le caractère. Les atavismes ont plusieurs caractéristiques essentielles: (1) présence dans les stades de la vie adulte, (2) absence chez les parents ou les ancêtres récents, et (3) extrême rareté dans une population (Hall 1984). Pour des raisons développementales, il est prévu que des atavismes apparaissent occasionnellement sous descendance commune si des structures ou des fonctions sont progressivement perdues entre les lignages ancêtres et descendants (Hall 1984; Hall 1995). Ici, nous nous intéressons principalement aux structures ataviques potentielles caractéristiques des taxons auxquels l’organisme affichant la structure n’appartient *pas*. À titre d'exemple hypothétique, si des chevaux mutants ont occasionnellement des branchies, cela serait considéré comme un atavisme potentiel, car les branchies permettent de diagnostiquer des taxons (par exemple, des poissons) auxquels les chevaux n'appartiennent pas. Comme pour les structures vestigiales, aucun organisme ne peut avoir une structure atavique qui n’a jamais été trouvée chez l’un de ses ancêtres. Ainsi, pour chaque espèce, l’arbre phylogénétique standard fait un très grand nombre de prédictions sur les atavismes autorisés et ceux qui sont impossibles pour une espèce donnée.

Confirmation:

Il existe de nombreux exemples d'atavismes célèbres, notamment (1) la formation rare d'orteils supplémentaires (2e et 4e doigts) chez les chevaux, semblable à celle observée chez les chevaux archaïques *Mesohippus* et *Merychippus*, (2) les muscles ataviques de la cuisse chez les oiseaux et les moineaux passériformes (3) muscles hyoïdes chez le chien, (4) ailes chez les perce-oreilles (normalement sans ailes), (5) fibules ataviques chez les oiseaux (les fibules sont normalement extrêmement réduites), (6) orteils supplémentaires chez les cobayes et les salamandres, (6) les ergots atavique chez de nombreuses races de chiens et (7) divers atavismes chez l'homme (un décrit en détail ci-dessous) (Hall 1984).

Figure 2.2.1. Os provenant des membres postérieurs ataviques d'une baleine à bosse.



A. De haut en bas, le fémur cartiligineux, le tibia, le tarse et le métatarse, disposés comme on le trouve in situ dans la baleine.
B. Détail agrandi du fémur et du tibia montré en A. (l'échelle n'est pas la même qu'en A).
C. Détail du tarse et du métatarse montré en A.
(Image reproduite d'Andrews 1921, figures 2, 3 et 4.)

Exemple 1: baleines et dauphins vivants trouvés avec des membres postérieurs

"Je savais, bien sûr, que certaines baleines modernes ont une paire d'os incrustés dans leurs tissus, qui renforcent chacune la paroi du bassin et servent d'ancre à un organe. (...) Les baleines pourraient naître avec un petit morceau d'os supplémentaire Les évolutionnistes ont donc insisté sur le fait qu'il s'agissait d'un retour en arrière correspondant à un deuxième os de membre.

Cependant, le spectacle d'une baleine sortie de l'océan avec une jambe pendante sur le côté était une question totalement différente. Je ne me souviens pas de ma réponse exacte, mais j'ai indiqué que, si c'était vrai, ce serait un sérieux défi de l'expliquer sur la base d'un modèle de création. "(Wieland 1998)

- Carl Wieland

Créationniste jeune terre,

PDG, *Answers in Genesis* – Australie,

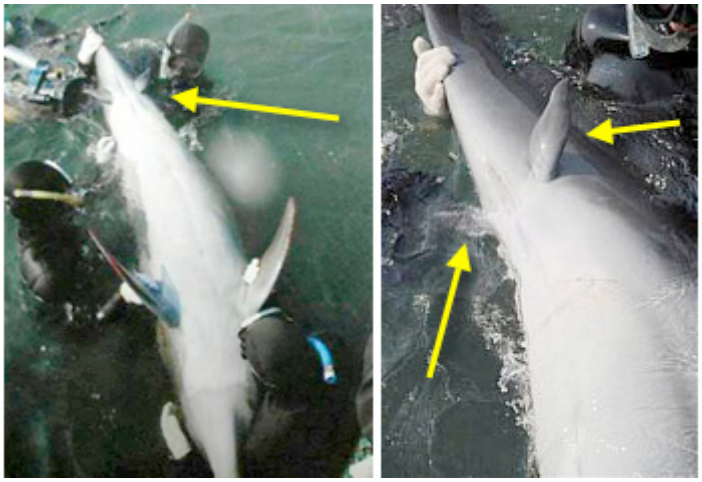
Directeur général adjoint, *Answers in Genesis International*, Editeur, Creation magazine

Le cas d'atavisme le plus connu est probablement celui des baleines. Selon l'arbre phylogénétique standard, on sait que les baleines sont les descendants des mammifères terrestres qui avaient des membres postérieurs. Ainsi, nous nous attendons à la possibilité que de rares baleines mutantes développent parfois des membres postérieurs ataviques. En fait, il existe de nombreux cas où des baleines ont été trouvées avec des membres postérieurs ataviques rudimentaires dans la nature (voir Figure 2.2.1; pour des revues, voir Berzin 1972, p. 65-67 et Hall 1984, p. 90-93). Des membres postérieurs ont été trouvés chez des baleines à fanons (Sleptsov 1939), des baleines à bosse (Andrews 1921) et dans de nombreux spécimens de cachalots (Abel 1908; Berzin 1972, p. 66; Nemoto 1963; Ogawa et Kamiya 1957; Zembskii et Berzin 1961). La plupart de ces exemples sont des baleines avec des fémurs, du tibia et des fibules; cependant, certains incluent même des pieds avec des doigts complets.

Par exemple, la figure 2.2.1 montre les os de pattes ataviques d'une baleine à bosse. Ces os sont les restes de l'un des deux membres postérieurs symétriques trouvés dépassant de la face ventrale d'une baleine à bosse femelle, capturés par un navire baleinier de la station Kyuquot près de la côte ouest de l'île de Vancouver, en Colombie-Britannique, en juillet 1919. Deux responsables de la Consolidated Whaling Company ont été impressionnés par cette découverte. Ils ont retiré l'une des pattes et présenté les restes du squelette au musée provincial de Victoria, en Colombie-Britannique. (L'autre patte a évidemment été prise comme "souvenir" par les membres de l'équipage du navire baleinier). Le directeur du musée, Francis Kermode, a présenté les ossements à Roy Chapman Andrews, du musée américain d'histoire naturelle (American Museum of Natural History, AMNH) de New York. Andrews a rapporté les résultats, ainsi que des photographies de la baleine de l'équipage baleinier, dans *American Museum Novitates*, le journal de l'AMNH. Andrews a identifié dans les restes un fémur rétrécis cartiligineux, un tibia, un tarse et un métatarse. Les deux pattes avaient initialement plus de quatre pieds de long et étaient couvertes de graisse et de peau normales. À titre de comparaison, une baleine à bosse femelle moyenne mesure environ 45 pieds de long. Le fémur, composé de cartilage non-ossifié, avait rétréci de 15 pouces à 4,5 pouces. Lorsqu'il était attaché à la baleine, le fémur était complètement à l'intérieur de la cavité corporelle et attaché aux rudiments du bassin (les baleines à bosse ont des vestiges d'un bassin à l'intérieur de la paroi abdominale). Il est peu probable que cette constatation extraordinaire se reproduise, la Commission internationale de la chasse à la baleine ayant proclamé le statut de protection du rorqual à bosse dans le monde en 1966, après soixante ans de prédation humaine incontrôlée qui avaient décimé la population.

Le 28 octobre 2006, des pêcheurs japonais ont capturé un dauphin à quatre nageoires au large de la côte ouest du Japon et ont fait don de la baleine au Taiji Whaling Museum, où elle est actuellement à l'étude. Ce dauphin à gros nez a un ensemble supplémentaire de membres postérieurs, deux nageoires bien formées, de la taille d'une paume, qui bougent et battent comme les nageoires antérieures normales (voir Figure 2.2.2). Comme avec d'autres structures ataviques, ces membres sont probablement le résultat d'une mutation rare qui permet de réactiver une voie de développement sous-jacente, bien que cryptique. Ces membres sont une preuve *prima facie* de l'ascendance à quatre pattes du dauphin, comme le prédisait l'ascendance commune des dauphins et des autres mammifères terrestres.

Figure 2.2.2. Les ailerons postérieurs d'un grand dauphin trouvé dans les eaux côtières japonaises.



Les flèches jaunes indiquent l'emplacement d'un ensemble atavique bien formé de membres postérieurs. (Images modifiées à partir de photos publicitaires du Taiji Whaling Museum.)

Exemple 2: nouveau-nés avec des queues

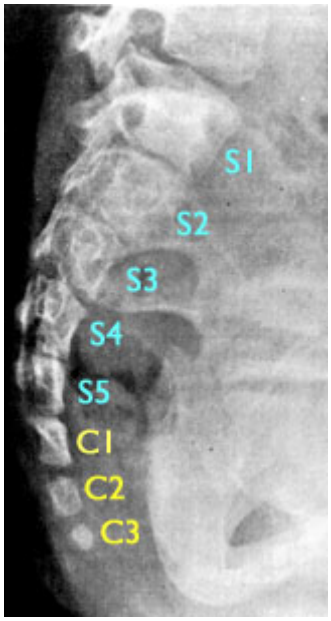
Principalement en raison de son grand intérêt médical, les humains font partie des espèces les mieux caractérisées et de nombreuses anomalies du développement sont connues. Plusieurs atavismes humains reflètent notre héritage génétique commun avec d'autres mammifères. L'un des plus frappants est l'existence de la rare "vraie queue humaine" (aussi appelée "processus coccygien", "saillie coccygienne", "appendice caudal" et "queue vestigiale"). Plus de 100 cas de queues humaines ont été rapportés dans la littérature médicale. Moins d'un tiers des cas bien documentés sont connus sous le nom de "pseudo-queues" (Dao et Netsky, 1984; Dubrow et al., 1988). Les pseudo-queues ne sont pas de vraies queues; il s'agit simplement de lésions de divers types, trouvées par hasard dans la région caudale du nouveau-né, souvent associées à des malformations de la colonne vertébrale, du coccyx et d'autres.

En revanche, la véritable queue atavistique de l'homme résulte d'une régression incomplète de l'extrémité la plus distale de la queue embryonnaire normale trouvée chez le fœtus en développement (voir Figure 2.4.1 et la discussion ci-dessous sur le développement de la queue embryonnaire humaine normale; Belzberg et al., 1991; Dao et Netsky, 1984; Grange et al, 2001; Keith, 1921). Bien que fondamentalement une malformation, la vraie queue humaine est généralement bénigne (Dubrow et al. 1988; Spiegelmann et al. 1985). La vraie queue humaine est caractérisée par un arrangement complexe de tissu conjonctif et adipeux, de faisceaux centraux de muscles striés disposés longitudinalement au centre, de vaisseaux sanguins, de fibres nerveuses, de cellules ganglionnaires nerveuses et d'organes nerveux spécialisés (capteurs de pression, corpuscules de Vater-Pacini). Il est recouvert d'une peau normale, remplie de follicules pileux, de glandes sudoripares et de glandes sébacées (Dao et Netsky, 1984; Dubrow et al., 1988; Spiegelmann et al., 1985). Les vraies queues humaines ont une longueur variant entre environ un pouce et plus de 5 pouces (chez un nouveau-né) et peuvent bouger par contractions volontaires des muscles striés en réponse à divers états émotionnels (Baruchin et al. 1983; Dao et Netsky 1984; Harrison 1901; Keith 1921; Lundberg et al., 1962).

Bien que les queues humaines n'aient généralement pas de structure squelettique (certains articles médicaux ont affirmé que les vraies queues n'avaient jamais de vertèbre), plusieurs queues humaines ont également été retrouvées avec du cartilage et jusqu'à cinq vertèbres bien développées et articulées (voir Figure 2.2.3; Maor et al., 1980; Dao et Netsky, 1984; Fara, 1977; Sugumata et al, 1988). Cependant, les vertèbres caudales ne sont pas un composant nécessaire des queues de mammifères. Contrairement à ce qui est fréquemment rapporté dans la littérature médicale, il existe au moins un exemple connu de queue de primate dépourvue de vertèbre, qui se trouve dans la queue rudimentaire de deux pouces de long de *Macaca sylvanus* (le "singe de Barbarie") (Hill 1974, p. 616; Hooten 1947, p. 23).

Les véritables queues humaines sont rarement héritées, bien que plusieurs cas familiaux soient connus (Dao et Netsky, 1984; Ikpeze et Onuigbo, 1999; Touraine, 1955). Dans un cas, la queue a été héritée par au moins trois générations de femmes (Standfast, 1992).

Figure 2.2.3. Radiographie d'une queue atavistique trouvée chez une fillette de six ans.



Radiogramme de la région sacrale d'une fillette de six ans à la queue atavique. La queue était parfaitement médiane et dépassait du bas du dos comme un appendice souple. Les cinq vertèbres sacrale normales sont indiquées en bleu clair et numérotées; les trois vertèbres coccygiennes sont indiquées en jaune clair. Le coccyx entier (généralement trois ou quatre petites vertèbres soudées) a normalement la même taille que la cinquième vertèbre sacrale. Dans cette même étude, les chirurgiens ont rapporté deux autres cas de queue humaine atavistique, une avec trois vertèbres, une avec cinq. Tous étaient bénins et un seul a été “corrigé” chirurgicalement pour des raisons esthétiques (image reproduite de Bar-Maor et al. 1980, Figure 3).

Comme pour les autres structures ataviques, les queues humaines résultent vraisemblablement d’une mutation somatique, d’une mutation de la lignée germinale ou d’une influence de l’environnement réactivant une voie de développement sous-jacente qui n’a pas été conservée, même partiellement, dans le génome humain (Dao et Netsky 1984; Hall 1984; Hall 1995). En fait, les gènes qui contrôlent le développement des queues chez la souris et d’autres vertébrés ont été identifiés (gènes Wnt-3a et Cdx1; Greco et al. 1996; Prinos et al. 2001; Schubert et al. 2001; Shum et al. 2001 ; Shum et al 1999; Takada et al. 1994). Comme prévu par la descendance commune à partir de la preuve atavique, ces gènes de queue ont également été découverts dans le génome humain (Katoh 2002; Roelink et al. 1993). Comme discuté en détail ci-dessous, le développement de la queue humaine normale dans l'embryon précoce a fait l'objet d'études approfondies et l'apoptose (mort cellulaire programmée) joue un rôle important dans l'élimination de la queue d'un embryon humain après sa formation. On sait maintenant que la baisse de la régulation du gène Wnt-3a induit l'apoptose des cellules de la queue pendant le développement de la souris (Greco et al. 1996; Shum et al. 1999; Takada et al. 1994) et des effets similaires sont observés chez l'homme (Chan et al., 2002). De plus, les chercheurs ont identifié une souris mutante qui ne développe pas de queue, et ce phénotype est dû à une mutation régulatrice qui diminue le dosage du gène Wnt-3a (Greco et al. 1996; Gruneberg et Wickramaratne 1974; Heston 1951). Ainsi, les preuves actuelles indiquent que la cause génétique de la perte de la queue dans l'évolution des grands singes était probablement une simple mutation régulatrice qui a légèrement diminué le dosage du gène Wnt-3a. Inversement, une mutation ou un facteur environnemental qui augmente la dose du gène Wnt-3a réduirait l'apoptose de la queue humaine pendant le développement et entraînerait sa rétention, sous forme d'atavisme, chez le nouveau-né.

Critiques

L'existence de véritables queues humaines est malheureusement assez choquante pour de nombreux anti-évolutionnistes motivés par la religion, comme Duane Gish, qui a écrit un article souvent cité intitulé ”L'évolution et la queue humaine” (Gish, 1983; voir aussi Menton, 1994; ReMine, 1982).). S'appuyant

uniquement sur les détails d'une seule étude de cas (Ledley 1982), ces auteurs ont conclu à tort que les queues ataviques humaines ne sont «que des malformations anormales impossibles à retrouver dans un état ancestral imaginaire» (Gish, 1983). Cependant, leurs arguments sont clairement dirigés contre les pseudo-queues, pas les vraies queues. Gish prétend que ces structures ne sont pas de vraies queues pour plusieurs raisons: (1) elles n'ont pas de vertèbres, (2) elles ne sont pas héritées et (3) la ressemblance avec les queues est “très superficielle” et est simplement une “malformation anormale”. Menton affirme en outre que (4) toutes les vraies queues ont des muscles et peuvent bouger, alors que les queues humaines ne le peuvent pas. Chacun de ces arguments est factuellement faux, comme expliqué ci-dessus et comme bien documenté dans la littérature médicale. Des vertèbres et du cartilage ont parfois été trouvés dans des queues humaines. Cependant, contrairement aux affirmations de Gish, Menton et ReMine, les vertèbres ne sont pas obligatoires pour les queues. *M. sylvanus* est un excellent exemple de primate dont la queue charnue est dépourvue de vertèbres (Hill 1974, p. 616; Hooten 1947, p. 23). Plusieurs cas sont connus où des queues humaines ont été héritées. De plus, nous connaissons maintenant les gènes responsables du développement des queues chez les mammifères, et tous les humains les possèdent. L'héritage de la structure de la queue en soi n'est pas nécessaire puisque le système de développement a été hérité mais est normalement inactivé chez l'homme. La “ressemblance” avec les queues non humaines est loin d’être superficielle, car toutes les vraies queues humaines sont des structures complexes composées de couches symétriques de muscles volontaires, de vaisseaux sanguins, de nerfs spécialisés et d’organes sensoriels, qui peuvent en effet bouger et se contracter.

Pour le lecteur sceptique, la meilleure preuve que ces structures sont de véritables queues est probablement l’inspection visuelle. Des photographies de la queue atavistique d’un nouveau-né sont disponibles sur le site médical Anatomy Atlases, avec le mouvement de contrcation volontaire de la queue documenté.

Réfutation potentielle:

Ce sont essentiellement les mêmes que pour les structures vestigiales ci-dessus.

Prédiction 2.3: Caractères vestigiaux moléculaires

Les caractères vestigiaux doivent également être trouvés au niveau moléculaire. Les humains n'ont pas la capacité de synthétiser de l'acide ascorbique (également appelé vitamine C), et la conséquence fâcheuse peut être une carence nutritionnelle appelée scorbut. Cependant, les ancêtres prédits de l'homme avaient cette fonction (comme l’ont la plupart des autres animaux, à l'exception des primates et des cobayes). Par conséquent, nous prévoyons que les humains, les autres primates et les cobayes devraient porter la preuve de cette fonction perdue en tant que caractère vestigial moléculaire (nota bene: cette prédiction même a été explicitement faite par Nishikimi et d’autres et a été l’élan de la recherche détaillée ci-dessous) (Nishikimi et al. 1992; Nishikimi et al. 1994).

Confirmation:

Récemment, le gène de la L-gulano-γ-lactone oxydase, requis pour la synthèse de la vitamine C, a été découvert chez l'homme et le cobaye (Nishikimi et al. 1992; Nishikimi et al. 1994). Il existe en tant que pseudogène, présent mais incapable de fonctionner (voir prédiction 4.4 pour plus d'informations sur les pseudogènes). En fait, depuis que cette page a été écrite à l'origine, le pseudogène de la vitamine C a été trouvé chez d'autres primates, exactement comme prédit par la théorie de l'évolution. Nous avons maintenant les séquences d'ADN de ce gène cassé chez les chimpanzés, les orangs-outans et les macaques (Ohta et Nishikimi, 1999). Et, comme prévu, les pseudogènes de l'homme et du chimpanzé qui fonctionnent mal sont les plus similaires, suivis des gènes de l'homme et de l'orang-outan, suivis des gènes de l'homme et du macaque, précisément tels que prédits par la théorie de l'évolution. En outre, tous ces gènes ont accumulé des mutations au taux exact prédit (le taux de mutation pour les régions d'ADN neutres telles que les pseudogènes) (Ohta et

Nishikimi, 1999).

Il existe plusieurs autres exemples de gènes humains résiduels, y compris plusieurs gènes de récepteurs odorants (Rouquier et al., 2000), le gène de la protéine RT6 (Haag et al., 1994), le gène de la galactosyl-transférase (Galili et Swanson, 1991) et le gène de la tyrosinase (TYRL) (Oetting et al. 1993).

Nos gènes de récepteurs odorants (OR) ont été codés pour des protéines impliquées dans des fonctions olfactives maintenant perdues. Nos ancêtres prédits, comme les autres mammifères, avaient un sens de l'odorat plus aigu que nous; les humains possèdent plus de 99 gènes de récepteurs odorants, dont environ 70% sont des pseudogènes. De nombreux autres mammifères, tels que les souris et les ouistitis, possèdent bon nombre des mêmes gènes OR que nous, mais tous les leurs fonctionnent. Un cas extrême est le dauphin, qui est le descendant des mammifères terrestres. Il n'a plus besoin de sentir les odeurs volatiles, mais il contient de nombreux gènes OR, dont aucun n'est fonctionnel, ils sont tous des pseudogènes (Freitag et al. 1998).

La protéine RT6 est exprimée à la surface des lymphocytes T chez d'autres mammifères, mais pas chez nous. Le gène de la galactosyl transférase est impliqué dans la fabrication d'un certain carbohydrate présent sur les membranes cellulaires d'autres mammifères. La tyrosinase est l'enzyme principale responsable du pigment mélanique chez tous les animaux. TYRL est un pseudogène de la tyrosinase.

Il est satisfaisant de noter que nous partageons ces gènes restants avec d'autres primates et que les mutations qui ont détruit leur capacité métabolique à exercer leurs fonctions métaboliques sont également partagées avec plusieurs autres primates (voir les prédictions 4.3 à 4.5 pour en savoir plus sur les pseudogènes partagés).

Réfutation potentielle:

Il serait très déroutant de ne pas avoir trouvé le pseudogène L-gulano-γ-lactone oxydase ou les autres gènes vestigiaux mentionnés. De plus, nous pouvons prédire que nous ne trouverons jamais de gènes résiduels de chloroplastes chez des métazoaires (c'est-à-dire des animaux) (Li 1997, p. 284-286, 348-354).

Prédiction 2.4: Ontogénie et développement des organismes

- Exemple 1: os d'oreille de mammifère et mâchoires de reptile
- Exemple 2: poches pharyngiennes et arcs branchiaux
- Exemple 3: embryons de serpents et de baleines à pattes
- Exemple 4: queue humaine embryonnaire
- Exemple 5: coquille et caroncule de marsupiaux

Figure 2.4.1. Embryons de chat et d'êtres humains au stade du développement de la queue





Un embryon de chat est représenté en haut, un embryon humain en dessous. Notez la queue post-anale dans les deux, positionnée en bas à gauche sous la tête de chacun. L'embryon humain a environ 32 jours.

L'embryologie et la biologie du développement ont fourni des informations fascinantes sur les voies de l'évolution. Les classifications cladistiques morphologiques des espèces étant généralement basées sur les caractères dérivés d'organismes adultes, les études sur l'embryologie et le développement fournissent un corpus presque indépendant de preuves évolutives. La structure finale d'un organisme chez l'adulte est le produit de nombreux processus de développement cumulatifs. Pour qu'une espèce puisse évoluer morphologiquement, ces processus de développement doivent nécessairement avoir changé. La conclusion macro-évolutive est que le développement d'un organisme est une modification de l'ontogenèse de ses ancêtres (Futuyma 1998, p. 652-653). Au début du 20e siècle, le biologiste du développement, Walter Garstang, déclara pour la première fois correctement que l'ontogenèse créait de la phylogénie. Cela signifie que, une fois que nous avons appris l'ontogenèse d'un organisme, nous pouvons prédire avec confiance certains aspects du cheminement historique impliqué dans l'évolution de cet organisme (Gilbert 1997, p. 912-914). Ainsi, l'embryologie fournit des confirmations et des prédictions vérifiables sur la macroévolution.

Confirmation:

Exemple 1: les os d'oreille de mammifère et de la mâchoire de reptile D'après des études embryologiques, il est connu que deux os d'un reptile en développement finissent par former les os quadratum et articulaires de la charnière de la mâchoire de reptile adulte (signalé pour la première fois en 1837 par l'embryologue allemand Karl Reichert). Cependant, dans l'embryon de mammifère marsupial, les deux mêmes structures se développent, non pas en parties de la mâchoire, mais deviennet l'enclume et le marteau de l'oreille d'un mammifère. Ces informations sur le développement, associées à une origine commune, indiquent que les os de l'oreille moyenne des mammifères ont été modifiés et dérivent des os de la mâchoire des reptiles au cours de l'évolution (Gilbert 1997, p. 894-896).

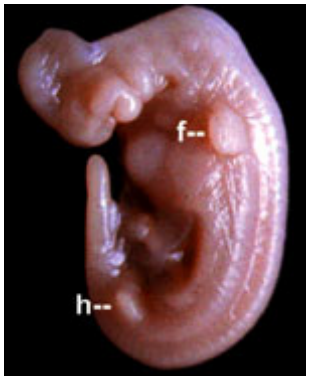
En conséquence, il existe une série très complète d'intermédiaires fossiles dans lesquels ces structures sont clairement modifiées de la mâchoire reptilienne à l'oreille d'un mammifère (comparez les intermédiaires discutés dans la prédiction 1.4, exemple 2) (Carroll 1988, p. 392-396; Futuyma 1998 , p. 146-151; Gould, 1990; Kardong, 2002, p. 255-275).

Exemple 2: poches pharyngées et arcs branchiaux chez les vertébrés Il existe de nombreux autres exemples dans lesquels l'histoire de l'évolution d'un organisme est représentée temporairement dans son développement. Au début du développement, les embryons de mammifères ont temporairement des poches pharyngiennes, que l'on ne peut distinguer morphologiquement des poches branchiales de vertébrés aquatiques (Gilbert 1997, p. 380, 382). Cette relique de l'évolution reflète le fait que les ancêtres des mammifères étaient autrefois des vertébrés aquatiques à branchies. Les poches pharyngiennes d'embryons de poisson modernes se perforent pour former des branchies. Bien sûr, les poches pharyngées de mammifères ne se développent pas en branchies, mais donnent plutôt naissance à des structures évolutives telles que la trompe d'Eustache, l'oreille moyenne, les amygdales, la parathyroïde et le thymus (Kardong 2002, p. 52, 504, 581). Les arcs entre les branchies, appelées arcs branchiaux, étaient présents chez des poissons sans mâchoires et certaines de ces arcs branchiaux ont évolué par la suite dans les os de la mâchoire et,

éventuellement, dans les os de l'oreille interne, comme décrit plus haut et dans la prédiction 1.4, exemple. 2

Exemple 3: membres postérieurs dans des embryons de serpents et de baleines De nombreuses espèces de serpents et de lézards sans pattes (comme le “ver lent”) développent initialement des bourgeons de membres au cours de leur développement embryonnaire, pour ensuite les réabsorber avant l'éclosion (Raynaud 1990; Raynaud et Kan 1992; Raynaud et Van den Elzen 1976). De même, les baleines, les dauphins et les marsouins adultes modernes n'ont pas de pattes postérieures. Même ainsi, les pattes postérieures, complétées par divers os en développement, nerfs et vaisseaux sanguins, apparaissent temporairement dans le fœtus du cétacé et dégénèrent par la suite avant la naissance (Amasaki et al. 1989; Sedmera et al. 1997). Ces bourgeons rudimentaires des membres postérieurs persistent plus longtemps dans les embryons de baleines à bosse (*Megaptera nodosa*) que chez d'autres cétacés, ce qui pourrait expliquer pourquoi on trouve plus souvent des membres postérieurs externes ataviques chez les baleines à fanons que chez d'autres cétacés (Bejder et Hall 2002; pour les photographies, voir la figure 2.2.1 ci-dessus pour le large fémur atavique, le tibia et le tarse retrouvés chez une femelle , des photographies de bourgeon de membre postérieur en développement chez le dauphin sont disponibles à la bibliothèque numérique du développement des dauphins).

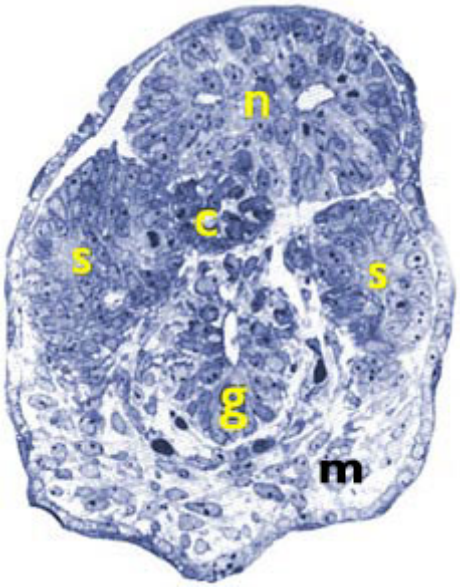
Figure 2.4.2. Embryon de dauphin avec bourgeons de membres postérieurs.



Embryon du dauphin tacheté (*Stenella attenuata*) à 24 jours de gestation. f = bourgeon de membres antérieurs bien développé, h = bourgeon bien développé pour les membres postérieurs. Comparez également avec les embryons de chat et humains d'âge similaire dans la Figure 2.4.1 ci-dessus. (Reproduit de Sedmera et al. 1997)

Exemple 4: la queue humaine embryonnaire Les taxonomistes classifient les humains en tant que singes; l'un des caractères dérivés déterminants des singes est l'absence de queue externe. Cependant, les embryons humains développent initialement des queues en développement. Entre l'âge de quatre et cinq semaines, l'embryon humain normal a 10 à 12 vertèbres en développement qui s'étendent au-delà de l'anus et des jambes, représentant plus de 10% de la longueur de l'embryon (Fallon et Simandl, 1978; Moore et Persaud, 1998, pages 91 à 100; Nievelstein et al., 1993). La queue embryonnaire est composée de plusieurs tissus complexes en plus des vertèbres en développement, notamment un tube neural secondaire (moelle épinière), une notochorde, un mésenchyme et un intestin postérieur. Vers la huitième semaine de gestation, les sixième à douzième vertèbres ont disparu par mort cellulaire et les cinquième et quatrième vertèbres de la queue sont encore en train de se réduire. De même, les tissus de la queue associés subissent également une mort cellulaire et régressent.

Figure 2.4.3. Coupe transversale histologique de la queue de l'embryon humain au stade 14 de Carnegie



Les structures complexes présentes dans la queue humaine ont été visualisées au microscope optique sur cette image. Au stade 14 de Carnegie (environ 32 jours), la queue humaine est composée d'un tube neural (n, doublé dans une grande fraction d'embryons), d'une notochorde ©, d'un développement de vertèbres (somites, s), d'un intestin (g), et mésenchyme (m). Ces structures spécialisées s'étendent sur la longueur de la queue et les cellules de toutes ces structures meurent et sont digérées par les macrophages du système immunitaire au cours des deux semaines suivantes du développement embryonnaire. (Modifié de la plaque 22 de Fallon et Simandl 1978)

En utilisant la microscopie optique et à balayage électronique, plusieurs analyses détaillées de la queue humaine embryonnaire ont montré que les cellules de la queue mortes et dégénératives sont ingérées et digérées par les macrophages (les macrophages sont de gros globules blancs du système immunitaire qui ingèrent et détruisent les organismes pathogènes comme les bactéries) (Fallon et Simandl 1978; Nievelstein et al. 1993; Sapunar et al. 2001; Saraga-Babic et al. 1994; Saraga-Babic et al. 2002). Chez l'homme adulte, la queue est finalement réduite à un petit os composé de quatre vertèbres soudées (le coccyx) qui ne dépassent pas du dos (Fallon et Simandl 1978; Sapunar et al. 2001) (voir figure 2.4.1).

La régression de la queue de l'embryon humain est clairement visible dans les fantastiques images disponibles sur le site Multi-dimensional Human Embryo, où sont archivées des images en ligne d'analyses IRM tridimensionnelles d'embryons humains vivants. Différents niveaux de maturité de l'embryon humain sont classés en fonction des stades de Carnegie. La queue post-anale embryonnaire est clairement visible aux stades 14, 15 et 16. Le site présente des vidéos d'un embryon humain en rotation, offrant une vision claire des contours tridimensionnels de l'embryon. La plupart des stades ont des vidéos avec le tube neural en surbrillance. Il est particulièrement instructif de comparer ces vidéos en rotation des stades précoces (par exemple, les stades 14 ou 15 de Carnegie) avec le dernier (stade 23), où la régression par la mort cellulaire du tube neural de la queue est clairement évidente.

Exemple 5: coquilles d'œuf et diamant de marsupiaux Les reptiles et les oiseaux pondent leurs œufs et les jeunes émergents utilisent soit une «dent d'œuf» pour percer une coquille d'œuf kératinique flexible (comme celle que l'on trouve chez les lézards et les serpents), soit une structure spécialisée appelée diamant pour se sortir d'une coquille d'œuf calcaire (comme dans les tortues et les oiseaux). Les mammifères ont évolué à partir d'un ancêtre ressemblant à un reptile et les mammifères placentaires (comme les humains et les chiens) ont perdu la dent et le diamant (et, effectivement, la coquille). Cependant, les monotrèmes, tels que l'ornithorynque et l'échidné, sont des mammifères primitifs dotés *à la fois* d'une dent et d'un diamant, bien que la coquille monotrème soit mince et souple (Tyndale-Biscoe et Renfree 1987, p. 409). Le plus frappant est qu'au cours du développement du marsupial, une coquille se forme de manière transitoire puis se résorbe avant la naissance. Bien qu'ils n'aient pas besoin de traverser une coquille d'œuf dure, plusieurs nouveau-nés marsupiaux (tels que les bébé opossums australiens, les koalas et les bandicoots) conservent un diamant

rudimentaire comme indicateur clair de leur ascendance reptilienne et ovipare (Tyndale-Biscoe et Renfree 1987, page 409).

Réfutation potentielle:

Sur la base de notre arbre phylogénétique standard, nous pouvons nous attendre à trouver des poches de branchies ou des coquilles d'œufs à un moment donné dans le développement embryonnaire des mammifères (et nous les trouvons). Cependant, nous ne nous attendons à trouver à aucun moment des mamelons, des poils ou un os incus de l'oreille moyenne chez des embryons de poissons, d'amphibiens ou de reptiles. De même, nous pourrions nous attendre à trouver des dents dans la bouche d'embryons aviaires (comme nous le faisons), mais nous ne nous attendons pas à trouver des becs d'oiseaux chez les embryons de mammifères euthériens (les euthériens sont des mammifères placentaires tels que l'homme, la vache, le chien ou le lapin). Nous pouvons nous attendre à trouver des embryons humains avec des queues (et nous le faisons; voir Figure 2.3.1), mais nous ne nous attendons jamais à trouver des bourgeons de pattes ou des membres en développement dans les embryons de raies manta, d'anguilles, de poissons téléostéens ou de requins. De telles constatations seraient en contradiction directe avec la théorie macro-évolutive (Gilbert 1997, surtout Ch. 23).

Critiques

Certains critiques de l'évolution pensent à tort que la "loi biogénétique" d'Ernst Haeckel étant fausse, l'embryologie ne peut plus fournir de preuve de l'évolution. Il s'agit toutefois d'une évaluation curieuse, puisque ni la théorie moderne de l'évolution ni la biologie du développement moderne ne sont basées sur les observations et les théories de Haeckel. La discussion ci-dessus n'est en aucun cas une approbation des "lois de Von Baer" ou de la loi biogénétique de Haeckel. Ces deux lois échouent en tant que lois scientifiques et toutes deux sont incorrectes en tant que généralisations. Le changement évolutif peut se poursuivre selon ces schémas, mais souvent pas.

Les idées d'Ernst Haeckel ont grandement influencé les débuts de l'embryologie au 19e siècle. Haeckel a émis l'hypothèse que "l'ontogenèse récapitule la phylogénie", ce qui signifie qu'au cours de son développement, un organisme traverse des étapes ressemblant à celles de ses ancêtres adultes. Cependant, les idées de Haeckel ont depuis longtemps été supplantées par celles de Karl Ernst von Baer, son prédécesseur. Von Baer a suggéré que les stades *embryonnaires* d'un individu ressemblent aux stades embryonnaires d'autres organismes étroitement apparentés, plutôt que de ressembler à ses ancêtres *adultes*. La loi biogénétique de Haeckel a été discréditée depuis la fin des années 1800 et ne fait pas partie de la théorie de l'évolution moderne (ni même moins moderne). Haeckel pensait que seules les dernières étapes du développement pouvaient être sensiblement modifiées par l'évolution, mais nous savons que cela est faux depuis près d'un siècle. Tous les stades de développement peuvent être modifiés au cours de l'évolution, bien que le stade phylotypique puisse être plus contraint que les autres. Pour en savoir plus sur la loi biogénétique de Haeckel, le développement phylotypique et les preuves que l'embryologie fournit à la théorie moderne de l'évolution, voir "Les embryons de Wells et Haeckel" de PZ Meyers, ou vous référer à un manuel moderne de niveau universitaire en biologie du développement, tel que Gilbert 1997, p. 912-914.

Prédiction 2.5: Biogéographie actuelle

Étant donné que la divergence des espèces se produit non seulement dans la dimension temporelle, mais également dans la dimension spatiale, les ancêtres communs ont pour origine une localisation géographique particulière. Ainsi, la distribution spatiale et géographique des espèces devrait être cohérente avec leurs relations généalogiques prévues. L'arbre phylogénétique standard prédit que les nouvelles espèces doivent apparaitre à proximité des espèces plus anciennes dont elles sont issues. Les espèces contemporaines étroitement apparentées devraient être proches géographiquement, indépendamment de leur habitat ou de

leurs adaptations spécifiques. S'ils ne le sont pas, il faut une bonne explication, telle qu'une mobilité extrême (cas des animaux marins, des oiseaux, de distribution induite par l'homme, etc.), une dérive des continents ou une période prolongée depuis leur divergence. En ce sens, la distribution biogéographique actuelle des espèces devrait refléter l'historique de leur origine.

Une prévision raisonnable non évolutive est que les espèces devraient être présentes quel que soit leur habitat. Cependant, la macro-évolution prédit exactement le contraire - il devrait exister de nombreux endroits où une espèce donnée pourrait prospérer mais ne s'y trouve pas, en raison d'obstacles géographiques (Futuyma 1998, p. 201-203).

Confirmation:

À quelques exceptions près, les marsupiaux n'habitent qu'en Australie. Les exceptions (certaines espèces d'Amérique du Sud et l'opossum) s'expliquent par la dérive des continents (l'Amérique du Sud, l'Australie et l'Antarctique étaient autrefois un seul continent, le Gondwana). Inversement, les mammifères placentaires sont pratiquement absents en Australie, malgré le fait que beaucoup y prospéreraient. Les humains ont introduit la plupart des rares placentaires découverts en Australie et ils se sont rapidement répandus.

De même, les régions méridionales de l'Amérique du Sud et de l'Afrique et toute l'Australie partagent les Dipneustes, les oiseaux semblables à des autruches (ratites) et les grenouilles leptodactylidés - qui ne sont pérsents nulle part ailleurs. Les alligators, certaines espèces apparentées de salamandre géante et de magnolias ne sont présents que dans l'est de l'Amérique du Nord et en Asie de l'Est (ces deux endroits étaient autrefois spatialement proches sur le continent laurentien).

De plus, les déserts américains, sahariens et australiens ont des habitats très similaires, et les plantes de l'un poussent bien dans un autre. Cependant, les cactus indigènes n'habitent qu'en Amérique, tandis que la végétation saharienne et australienne est très éloignée l'une de l'autre (principalement des Euphorbiacées). Les humains ont introduit le seul Cactus trouvé dans l'outback australien et il se propage assez bien dans leur nouvelle zone géographique.

Les côtes ouest et est de l'Amérique du Sud ont un habitat très similaire, mais la faune marine est très différente. En outre, les membres de la famille des ananas étroitement apparentés habitent de nombreux habitats (tels que la forêt tropicale humide, les zones alpines et les zones désertiques), mais uniquement sous les tropiques américains, et non sous les tropiques africains ou asiatiques (Futuyma 1998, ch. 8).

Réfutation potentielle:

A partir d'une connaissance limitée de la distribution des espèces, nous prédisons que nous ne devrions jamais trouver d'éléphants sur des îles éloignées du Pacifique, même s'ils y survivraient bien. De même, nous prédisons que nous ne devrions pas trouver d'amphibiens sur des îles éloignées, ni de cactus autochtones en Australie. Les espèces étroitement apparentées pourraient être réparties uniformément dans le monde entier, selon l'habitat qui leur convient le mieux. S'il s'agissait du schéma biogéographique général, cela porterait un coup sévère à la macroévolution (Brown et Lomolino 1998).

Prédiction 2.6: Biogéographie passée

- Exemple 1: marsupiaux
- Exemple 2: chevaux
- Exemple 3: singes et humains

La biogéographie passée, telle qu'enregistrée par les fossiles retrouvés, doit également être conforme à l'arbre phylogénétique standard.

Exemple 1: marsupiaux

À titre de premier exemple, nous concluons que les fossiles des hypothétiques ancêtres communs des marsupiaux sud-américains et australiens devraient être trouvés dans des couches datant d'avant la séparation de ces deux masses continentales.

Confirmation : En conséquence, nous trouvons les plus anciens fossiles de marsupiaux (par exemple, *Alphadon*) au Crétacé supérieur, lorsque l'Amérique du Sud, l'Antarctique et l'Australie étaient encore connectés. De plus, les premiers ancêtres des marsupiaux modernes se trouvent en Amérique du Nord. La déduction paléontologique évidente est que les fossiles des marsupiaux éteints devraient être trouvés en Amérique du Sud et en Antarctique, car les marsupiaux doivent avoir traversé ces continents pour atteindre leur emplacement actuel en Australie. Fait intéressant, nous avons trouvé des fossiles de marsupiaux en Amérique du Sud et en Antarctique. C'est une étonnante confirmation macro-évolutive, étant donné qu'aucun marsupial ne vit actuellement en Antarctique (Woodburne et Case, 1996).

Réfutation potentielle : Nous prédisons avec confiance que les fossiles d'animaux récemment développés, tels que les singes et les éléphants, ne devraient jamais être trouvés en Amérique du Sud, en Antarctique ou en Australie (à l'exception, bien sûr, des singes qui voyagent par bateau).

Exemple 2: chevaux

Dans un deuxième exemple, un registre fossile très complet doit pourvoir être relié sans problème sur le plan géographique. Les intermédiaires doivent être proches de leurs ancêtres fossiles.

Confirmation: Les archives de fossiles d'équidés (c'est-à-dire de chevaux) sont très complètes (bien qu'extrêmement complexe) et y compris au sens géographique, sans sauts spatiaux importants entre les intermédiaires. Par exemple, au moins dix genres de chevaux fossiles intermédiaires couvrent les 58 millions d'années écoulées. Chaque genre de fossile s'étend sur environ 5 millions d'années et chacun de ces genres comprend plusieurs paléo-espèces intermédiaires (généralement 5 ou 6 dans chaque genre) qui relient les intermédiaires fossiles précédents et suivants. Ils vont du genre le plus ancien, *Hyracotherium*, qui ressemblait un peu à un chien, en passant par *Orohippus*, *Epihippus*, *Mesohippus*, *Miohippus*, *Parahippus*, *Merychippus*, *Dinohippus*, *Equus* aux *Equus* modernes. Chacun des ancêtres fossiles du cheval moderne se trouve sur le continent nord-américain (MacFadden 1992, p. 99, 156-162). Pour plus de détails sur l'évolution connue des équidés, consultez la FAQ complète de Kathleen Hunt sur l'évolution du cheval.

Réfutation potentielle: Ce serait macro-révolutionnairement dévastateur si nous trouvions en Amérique du Sud un irréfutable *Epihippus* ou *Merychippus* (ou l'un des intermédiaires entre les 2) du Paléocène, de l'Éocène, de l'Oligocène, du Miocène ou n'importe quand avant que l'isthme de Panama ne se soulève pour relier l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud. (il y a environ 12 millions d'années). De plus, nous ne devrions jamais trouver d'ancêtres fossiles de chevaux en Australie ou en Antarctique, quelle que soit leur époque (MacFadden, 1992; Brown et Lomolino, 1998).

Exemple 3: singes et humains

Comme troisième exemple, considérons les singes africains. Les êtres humains sont étroitement liés aux grands singes indigènes d'Afrique (déterminés par analyse morphologique cladistique et confirmés par analyse de

séquence d'ADN). Pourquoi les Leakeys, Raymond Dart et Robert Broom sont-ils allés en Afrique à la recherche de fossiles d'hominidés? Pourquoi ne pas creuser en Australie, en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Sibérie ou en Mésopotamie? Charles Darwin a donné une réponse à cette question il y a plus de 130 ans, bien avant que l'on ait retrouvé les premiers fossiles d'hominidés.

“Nous sommes naturellement amenés à rechercher quelle a pu être la patrie primitive de l’homme, alors que nos ancêtres se sont écartés du groupe catarrhinin. Le fait qu’ils faisaient partie de ce groupe prouve clairement qu’ils habitaient l’ancien monde, mais ni l’Australie, ni aucune île océanique, ainsi que nous pouvons le prouver par les lois de la distribution géographique. Dans toutes les grandes régions du globe, les mammifères vivants se rapprochent beaucoup des espèces éteintes de la même région. Il est donc probable que l’Afrique a autrefois été habitée par les singes disparus très voisins du gorille et du chimpanzé ; or, comme ces deux espèces sont actuellement celles qui se rapprochent le plus de l’homme, il est probable que nos ancêtres primitifs ont vécu sur le continent africain plutôt que partout ailleurs. ” (Darwin 1871, p. 161)

Ainsi, la théorie de la descendance commune prédit que nous pourrions trouver de premiers fossiles d'hominidés sur le continent africain.

Confirmation: De nombreux fossiles de transition entre l'homme et les grands singes ont été découverts dans le sud et l'est de l'Afrique. Pour des exemples, des discussions, des images, des détails et de nombreuses références, reportez-vous à la FAQ hominidés fossiles de Jim Foley. Ces exemples incluent des espèces de fossiles telles que *Ardipithecus ramidus*, *Australopithecus anamensis*, *Australopithecus afarensis*, *Australopithecus garhi*, *Kenyanthropus platyops*, *Kenyanthropus rudolfensis*, *Homo habilis*, et une foule d'autres intermédiaires considérés comme moins liés à l'*Homo sapiens*, tels que les robustes australopithicènes. À l'heure actuelle, il est difficile de reconstituer des relations généalogiques exactes entre toutes ces espèces de fossiles, pas parce qu'il manque des chainons, mais parce qu’il en existe trop. Comme la plupart des arbres généalogiques, l'arbre généalogique des hominidés est mieux décrit comme un arbuste à la ramification foisonnante.

Réfutation potentielle: Nous ne nous attendons pas à trouver jamais de fossiles d’*Australopithicus*, d’*Ardipithecus*, ou de *Kenyanthropus* en Australie, en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Antarctique, en Sibérie ou dans des îles océaniques éloignées de l'Afrique. De telles découvertes seraient catastrophiques pour la théorie de la descendance commune.

Partie 1. Un arbre phylogénétique unique et historique
Partie 3. Opportunisme évolutionniste

Références

- Abel, O. (1908) “Die Morphologie der Huftbeinrudimente der Cetaceen.” Denkschr. Math. Naturw. Klasse Kaiserl. Aka. Wiss. Vol. 81.
- Amasaki, H., Ishikawa, H., and Daigo, M. (1989) “Developmental changes of the fore- and hind-limbs in the fetuses of the southern minke whale, Balaenoptera acutorostrata.” Anat Anz 169: 145-148. PubMed
- Andrews, R. C. (1921) “A remarkable case of external hind limbs in a humpback whale.” Amer. Mus. Novitates. No. 9. June 3, 1921. http://hdl.handle.net/2246/4849
- Bar-Maor, J. A., Kesner, K. M., and Kaftori, J. K. (1980) “Human tails.” J Bone Joint Surg Br. 62-B: 508-510. PubMed
- Baruchin, A. M., Mahler, D., Hauben, D. J., and Rosenberg, L. (1983) “The human caudal appendage (human tail).” Br J Plast Surg. 36: 120-123. PubMed
- Batten, D., and Sarfati, J. (2003) ”'Vestigial' Organs: What do they prove?“ http://www.answersingenesis.org/docs/446.asp
- Bejder, L. and Hall, B.K. (2002) “Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: mechanisms of evolutionary and developmental transformation and loss.” Evol Dev 4: 445-458. PubMed
- Belzberg, A. J., Myles, S. T., and Trevenen, C. L. (1991) “The human tail and spinal dysraphism.” J Pediatr Surg 26: 1243-1245. PubMed

- Bergman, J. and Howe, G. (1990) “Vestigial Organs” Are Fully Functional. Kansas City, MO. Creation Research Society Books.
- Berzin, A. A. (1972) The Sperm Whale. Pacific Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. Available from the U. S. Dept. of Commerce, National Technical Information Service. Springfield, VA.
- Besharse, J. C., and Brandon, R. A. (1976) “Effects of continuous light and darkness on the eyes of the troglobitic salamander Typhlotriton spelaeus.” J Morphol149: 527-546. PubMed
- Brown, J. H., and Lomolino, M. V. (1998) Biogeography. Second edition. Boston, MA: Sunderland.
- Carroll, R. L. (1988) Vertebrate Paleontology and Evolution. New York, W. H. Freeman and Co.
- Carroll, R. L. (1997) Patterns and Processes of Vertebrate Evolution. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chan, B. W., Chan, K. S., Koide, T., Yeung, S. M., Leung, M. B., Copp, A. J., Loeken, M. R., Shiroishi, T., and Shum, A. S. (1994) “Maternal diabetes increases the risk of caudal regression caused by retinoic acid.” Diabetes 51: 2811-2816. PubMed
- Cohn, M. J. (2001) “Developmental mechanisms of vertebrate limb evolution.” Novartis Found Symp. 232: 47-57. PubMed
- Cohn, M. J., and Tickle, C. (1999) “Developmental basis of limblessness and axial patterning in snakes.” Nature 399: 474-479. PubMed
- Crapo, R. (1985) “Are the vanishing teeth of fetal baleen whales useless?” Origins Research 7: 1.
- Culver, D.C., Fong, D.W., and Kane T.C. (1995) “Vestigialization and Loss of Nonfunctional Characters.” Annual Review of Ecology and Systematics 26: 249-268.
- Dao, A. H., and Netsky, M. G. (1984) “Human tails and pseudotails.” Human Pathology 15: 449-453. PubMed
- Darwin, C. (1859) The Origin of Species. First Edition. [HTML formatted text at Talk.Origins Archive]
- Darwin, C. (1871) The Descent of Man. Amherst, New York, Prometheus Books.
- Darwin, C. (1872) The Origin of Species. Sixth Edition. The Modern Library, New York. Project Gutenberg text file
- Dictionary of Bioscience. (1997) Sybil P. Parker, editor in chief. New York: McGraw-Hill.
- Dodson, E. O. (1960) Evolution: Process and Product. New York: Reinhold Publishers.
- Dubrow, T. J., Wackym, P. A., and Lesavoy, M. A. (1988) “Detailing the human tail.” Annals of Plastic Surgery 20:340-344. PubMed
- Durand, J., Keller, N., Renard, G., Thorn, R., and Pouliquen, Y. (1993) “Residual cornea and the degenerate eye of the cryptophthalmic *Typhlotriton spelaeus.*” Cornea 12: 437-447. PubMed
- Fallon, J. F., and Simandl, B. K. (1978) “Evidence of a role for cell death in the disappearance of the embryonic human tail.” Am J Anat 152: 111-129. PubMed
- Fara, M. (1977) “Coccygeal ('tail') projection with cartilage content.” Acta Chir. Plast. 19: 50-55. PubMed
- Freitag, J., G. Ludwig, et al. (1998) “Olfactory receptors in aquatic and terrestrial vertebrates.” Journal of Comparative Physiology 183: 635-650. PubMed
- Futuyma, D. (1998) Evolutionary Biology. Third edition. Sunderland, Mass., Sinauer Associates.
- Galili, U., and Swanson, K. (1991) “Gene sequences suggest inactivation of alpha-1,3-galactosyltransferase in catarrhines after the divergence of apes from monkeys.” PNAS 88: 7401-7404. http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/88/16/7401
- Geoffroy St. Hilaire (1798) “Observations sur l'aile de l'Autruche, par le citoyen Geoffroy.” in La Decade Egyptienne, Journal Litteraire et D'Economie Politique. Premier Volume. Au Kaire, de L'Impreimerie Nationale. pp. 46-51
- Gilbert, S. F. (1997) Developmental Biology. Fifth edition. Sinauer Associates.
- Gish, D. T. (1983) “Evolution and the human tail.” ICR Impact No. 117 http://www.icr.org/index.php?module=articles&action=view&ID=210
- Gould, S. J. (1990) “An earful of jaw.” Natural History 3: 12-23.
- Grange, G., Tantau, J., Pannier, E., Aubry, M. C., Viot, G., Fallet-Bianco, C., Terrasse, G., and Cabrol, D. (2001) “Prenatal diagnosis of fetal tail and postabortum anatomical description.” Ultrasound Obstet Gynecol 18: 531-533. PubMed
- Greco, T. L., Takada, S., Newhouse, M. M., McMahon, J. A., McMahon, A. P., Camper, S. A. (1996) “Analysis of the vestigial tail mutation demonstrates that Wnt-3a gene dosage regulates mouse axial development.” Genes Dev 10: 313-324. PubMed
- Griffiths, P. (1992) “Adaptive explanation and the concept of a vestige.” in Trees of Life: essays in

philosophy of biology. Edited by Paul Griffiths. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Grosso, N. P., and van Dam, B. E. (1995) “Total coccygectomy for the relief of coccygodynia: a retrospective review.” J Spinal Disord 8: 328-330. PubMed
- Gruneberg, H. and Wickramaratne, G. A. (1974) “A re-examination of two skeletal mutants of the mouse, vestigial-tail (vt) and congenital hydrocephalus (ch).” J Embryol Exp Morphol. 31: 207-22. PubMed
- Haag, F., Koch-Nolte, F. et al. (1994) “Premature stop codons inactivate the RT6 genes of the human and chimpanzee species.” Journal of Molecular Biology 243: 537-546. PubMed
- Hall, B. K. (1984) “Developmental mechanisms underlying the formation of atavisms.” Biol. Rev. 59: 89-124.
- Hall, B. K. (1995) “Atavisms and atavistic mutations.” Nature Genetics 10: 126-127. PubMed
- Hall, B. K. (2003) “Descent with modification: the unity underlying homology and homoplasy as seen through an analysis of development and evolution.” Biol Rev Camb Philos Soc 78: 409-433. PubMed
- Ham, K., Sarfati, J. and Wieland, C. (1990) The Answers Book - Revised & Expanded, Batten, D. ed., Master Books.
- Ham, K., and Wieland, C. (1997) “Your appendix: It's there for a reason.” Creation Ex Nihilo 20: 41-43. http://www.answersingenesis.org/docs/357.asp
- Harrison, R. G. (1901) “Occurrence of tails in man, with a description of a case reported by Dr. Watson.” Johns Hopkins Hosp. Bull. 12:96-101.
- Hattab, F. N., Rawashdeh, M. A., and Fahmy, M. S. (1995) “Impaction status of third molars in Jordanian students.” Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 79: 24-29. PubMed
- Heston, W. E. (1951) “The 'vestigial tail' mouse: A new recessive mutation.” J Hered. 42: 71-74.
- Hill, W. C. O. (1974) Primates: Comparative Anatomy and Taxonomy. VII. Cyropithecinae: Cercocebus, Maccaca, Cynopithecus. New York: Halstead Press, John Wiley and Sons.
- Hooten, E. A. (1947) Up From the Ape. Second edition. New York: Macmillan.
- Ikpeze, O. C., and Onuigbo, W. I. (1999) “A bisegmented human tail in an African baby.” Br J Plast Surg. 52: 329-330. PubMed
- Jeffery, W. R. (2001) “Cavefish as a model system in evolutionary developmental biology.” Dev Biol. 231: 1-12. PubMed
- Kardong, K. V. (2002) Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution. Third ed. New York: McGraw Hill.
- Katoh, M. (2002) “Molecular cloning and expression of mouse Wnt14, and structural comparison between mouse Wnt14-Wnt3a gene cluster and human WNT14-WNT3A gene cluster.” Int J Mol Med 9 :221-227. PubMed
- Keith, A. (1921) “Human tails.” Nature 106 :845-846.
- Kollar, E. J., and Fisher, C. (1980) “Tooth induction in chick epithelium: expression of quiescent genes for enamel synthesis.” Science 207 :993-995. PubMed
- Kos, M., Bulog, B., Szel, A., and Rohlich, P. (2001) “Immunocytochemical demonstration of visual pigments in the degenerate retinal and pineal photoreceptors of the blind cave salamander Proteus anguinus.” Cell Tissue Res 303: 15-25. PubMed
- Lamarck, J. B. (1809) Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals. Translated by Hugh Elliot. Chicago and London: University of Chicago Press. 1984.
- Ledley, F. D. (1982) “Evolution and the human tail.” New Eng. J. Med. 306: 1212-1215. PubMed
- Li, W.-H. (1997) Molecular Evolution. Sunderland, MA, Sinauer Associates.
- Litonjua, L. S. (1996) “Pericoronitis, deep fascial space infections, and the impacted third molar.” J Philipp Dent Assoc. 47: 43-47. PubMed
- Lundberg, G. D., and Parsons, R. W. (1962) “A case of human tail.” Am. J. Dis. Child 104: 72.
- McCabe, J. (1912) The Story of Evolution. Boston: Small, Maynard, and Co.
- MacFadden, B. J. (1992) Fossil Horses: Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae. New York, Cambridge University Press.
- Menton, D. N. (1994) “The Human Tail, and Other Tales of Evolution.” St. Louis MetroVoice. Vol. 4, No. 1. http://www.gennet.org/facts/ metro07.html
- Merrell, D. J. (1962) Evolution and Genetics: The Modern Theory of Evolution. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Mes, T. H., Kuperus, P., Kirschner, J., Stepanek, J., Storchova, H., Oosterveld, P., and den Nijs, J. C. (2002) “Detection of genetically divergent clone mates in apomictic dandelions.” Mol Ecol. 2002 11: 253-265. PubMed

- Moody, P. A. (1962) Introduction to Evolution. Second edition. New York: Harper.
- Moore, K. L. and Persaud, T. V. N. (1998) The developing human: clinically oriented embryology. 6th ed., editor Schmitt, W., Saunders, Philadelphia.
- Morris, H. (1986) “The Vanishing Case for Evolution - IMPACT No. 156 June 1986.” http://www.icr.org/index.php?module=articles&action=view&ID=260m
- Muller, G. B. (2002) “Vestigial Organs and Structures.” in Encyclopedia of Evolution . Mark Pagel, editor in chief, New York: Oxford University Press.
- Naylor, B. G. (1982) “Vestigial organs are evidence of evolution.” Evolutionary Theory 6: 91-96.
- Nemoto, T. (1963) “New records of sperm whales with protruded rudimentary hind limbs.” Sci. Rep. Whales Res. Inst. No. 17.
- Nievelstein, R. A., Hartwig, N. G., Vermeij-Keers, C., and Valk, J. (1993) “Embryonic development of the mammalian caudal neural tube.” Teratology 48: 21-31. PubMed
- Nishikimi, M., R. Fukuyama, et al. (1994) “Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man.” Journal of Biological Chemistry 269: 13685-13688. PubMed
- Nishikimi, M., T. Kawai, et al. (1992) “Guinea pigs possess a highly mutated gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the key enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in this species.” Journal of Biological Chemistry 267: 21967-21972. PubMed
- Obiechina, A. E., Arotiba, J. T., and Fasola, A. O. (2001) “Third molar impaction: evaluation of the symptoms and pattern of impaction of mandibular third molar teeth in Nigerians.” Odontostomatol Trop. 24: 22-25. PubMed
- Oetting, W. S., O. C. Stine, et al. (1993) “Evolution of the tyrosinase related gene (TYRL) in primates.” Pigment Cell Research 6: 171-177. PubMed
- Ogawa, R., and Kamiya, T. A. (1957) “Case of the cachalot with protruded rudimentary hind limbs.” Sci. Rep. Whales Res. Inst. No. 12.
- Ohta, Y. and Nishikimi, M. (1999) “Random nucleotide substitutions in primate nonfunctional gene for L-gulano-gamma-lactone oxidiase, the missing enzyme in L-ascorbind acid biosynthesis.” Biochimica et Biophysica Acta 1472: 408-411. PubMed
- Perkins, R., Schofferman, J., and Reynolds, J. (2003) “Coccygectomy for severe refractory sacrococcygeal joint pain.” J Spinal Disord Tech 16: 100-103. PubMed
- Postacchini, F., and Massobrio, M. (1983) “Idiopathic coccygodynia. Analysis of fifty-one operative cases and a radiographic study of the normal coccyx.” J Bone Joint Surg Am 65: 1116-1124. PubMed
- Prinos, P., Joseph, S., Oh, K., Meyer, B. I., Gruss, P., and Lohnes, D. (2001) “Multiple pathways governing Cdx1 expression during murine development.” Dev Biol 239: 257-269. PubMed
- Rakprasitkul, S. (2001) “Pathologic changes in the pericoronal tissues of unerupted third molars.” Quintessence Int. 32: 633-638. PubMed
- Ramsey, M. L., Toohey, J. S., Neidre, A., Stromberg, L. J., and Roberts, D. A. (2003) “Coccygodynia: treatment.” Orthopedics 26: 403-405. PubMed
- Raynaud, A. (1990) “Developmental mechanism involved in the embryonic reduction of limbs in reptiles.” Int J Dev Biol 34:233-243. PubMed
- Raynaud, A., and Kan, P. (1992) “DNA synthesis decline involved in the developmental arrest of the limb buds in the embryos of the slow worm, Anguis fragilis (L.).” Int J Dev Biol 36:303-310. PubMed
- Raynaud, A., and Van den Elzen, P. (1976) [“Rudimentary stages of the extremities of Scelotes gronovii (Daudin) embryos, a South African Scincidea reptile.”] Arch Anat Microsc Morphol Exp. 65: 17-36. PubMed
- ReMine, W. and J. M. K. (anonymous) (1982) “Child recently born with a tail?” Bible Science Newsletter 20: 8.
- Roelink, H., Wang, J., Black, D. M., Solomon, E., and Nusse, R. (1993) “Molecular cloning and chromosomal localization to 17q21 of the human WNT3 gene.” Genomics 17: 790-792. PubMed
- Rouquier, S., A. Blancher, et al. (2000) “The olfactory receptor gene repertoire in primates and mouse: Evidence for reduction of the functional fraction in primates.” PNAS 97: 2870-2874. http://www.pnas.org/cgi/content/full/97/6/2870
- Sarfati, J. (1999) “The non-evolution of the horse.” Creation Ex Nihilo 21: 28-31. AIG text
- Sarfati, J. (2002) “AiG misuses the term 'vestigial'? (response to critic)” Answers in Genesis Feedback Response.
- Sapunar, D., Vilovic, K., England, M., and Saraga-Babic, M. (2001) “Morphological diversity of dying cells during regression of the human tail.” Ann Anat 183: 217-222. PubMed

- Saraga-Babic, M., Lehtonen, E., Svajger, A., and Wartiovaara, J. (1994) “Morphological and immunohistochemical characteristics of axial structures in the transitory human tail.” Anat Anz. 176: 277-286. PubMed
- Saraga-Babic, M., Stefanovic, V., Saraga, M., Wartiovaara, J., and Lehtonen, E. (2002) “Expression of intermediate filaments and desmosomal proteins during differentiation of the human spinal cord.” Acta Histochem. 104: 157-166. PubMed
- Scadding, S. R. (1981) “Do 'vestigial organs' provide evidence of evolution?” Evolutionary Theory 5: 173-176.
- Scadding S. R., and Maden, M. (1994) “Retinoic acid gradients during limb regeneration.” Dev Biol 162: 608-617. PubMed
- Schersten, E., Lysell, L., and Rohlin, M. (1989) “Prevalence of impacted third molars in dental students.” Swed Dent J. 13: 7-13. PubMed
- Schubert, M., Holland, L. Z., Stokes, M. D., and Holland, N. D. (2001) “Three amphioxus Wnt genes (AmphiWnt3, AmphiWnt5, and AmphiWnt6) associated with the tail bud: the evolution of somitogenesis in chordates.” Dev Biol 240: 262-273. PubMed
- Sedmera, D., Misek, I., and Klima, M. (1997) “On the development of Cetacean extremities: I. Hind limb rudimentation in the Spotted dolphin Stenella attenuata.” Eur J Morphol 35: 25-30. PubMed
- Shaposhnikov, V. I. (1997) “Surgical treatment of coccygodynia.” Khirurgiia (Mosk). 9: 47-48. PubMed
- Shum, A. S., Poon, L. L., Tang, W. W., Koide, T., Chan, B. W., Leung, Y. C., Shiroishi, T., and Copp, A. J. (1999) “Retinoic acid induces down-regulation of Wnt-3a, apoptosis and diversion of tail bud cells to a neural fate in the mouse embryo.” Mech Dev 84: 17-30. PubMed
- Sleptsov, M. M. (1939) “On the asymmetry of the skull of Odontoceti.” Zoologicheskii Zhurnal 18(3).
- Spiegelmann, R., Schinder, E. Mintz, M., and Blakstein., A. (1985) “The human tail: a benign stigma.” J. Neurosurgery 63:461-462. PubMed
- Standfast, A. L. (1992) “The human tail.” New York State Journal of Medicine. 92: 116. PubMed
- Strickberger (2000) Evolution. Third edition. Sudbury, MA: Jones and Bartlett.
- Sugumata, A., Sato, M., Ikeda, J., Kinosita, J., Tanihira, S., and Makimo, K. (1988) “Two cases of a true human tail.” Jpn J Plast Reconstr Surg 31: 1072.
- Takada, S., Stark, K. L., Shea, M. J., Vassileva, G., McMahon, J. A., and McMahon, A. P. (1994) “Wnt-3a regulates somite and tailbud formation in the mouse embryo.” Genes Dev 8: 174-189. PubMed
- Tevepaugh, D. B., and Dodson, T. B. (1995) “Are mandibular third molars a risk factor for angle fractures? A retrospective cohort study.” J Oral Maxillofac Surg. 53: 646-649. PubMed
- Touraine, A. (1955) L'hérédité en Médecine. Masson, Paris.
- Tyndale-Biscoe, H. and Renfree, M. (1987) Reproductive Physiology of Marsupials. Cambridge University Press.
- Weismann, A. (1886) “IX. Retrogressive Development in Nature.” rerpoduced in Essays upon Heredity and Kindred Biological Problems. Volume II. Poulton, E. B. and Shipley, A. E., editors., Clarendon Press: Oxford. 1892.
- Wieland, C. (1998) “The strange tale of the leg on the whale.” Creation Ex Nihilo 20: 10-13. http://www.answersingenesis.org/docs/3316.asp
- Wiedersheim, R. (1893) The Structure of Man: An Index to His Past History. Second Edition. Translated by H. and M. Bernard. London: Macmillan and Co. 1895.
- Woodburne, M. O., and Case, J. A. (1996) “Dispersal, vicariance, and the Late Cretaceous to Early Tertiary land mammal biogeography from South America to Australia.” Journal of Mammalian Evolution 3: 121-161.
- Wray, C. C., Easom, S., and Hoskinson, J. (1991) “Coccydynia. Aetiology and treatment.” J Bone Joint Surg Br 73: 335-338. PubMed
- Zembskii, V. A., and Berzin, A. A. (1961) “On the rare phenomenon of atavism in the sperm whale.” Nauchnye Doklady Vysshei Shkoly. Series “Biologicheskie Nauki.”

From:
https://www.evowiki.fr/ - **EvoWiki**

Permanent link:
https://www.evowiki.fr/comdesc-2?rev=1575525253

Last update: **2019/12/05 06:54**