

BULLETIN N° 132
ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mardi 10 février 2009 :

« Evolution et développement : Les filiations de Darwin » par notre Collègue Gilbert BELAUBRE et « Réflexions sur le Darwinisme » par notre Collègue Alain STAHL

Prochaine séance le mardi 10 mars 2009 :

Réflexions sur « Evolution et Développement » en présence du Pr Michel MORANGE directeur de l'Institut Jean Cavailles de l'ENS

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Michel GONDRAN
VICE PRESIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL
MEMBRE DU CA Patrice CROSSA-RAYNAUD

PRESIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LEVY (†)
PRESIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE
SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr François BEGON

SECTION DE NICE :
PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :
PRESIDENT : Pr Pierre NABET

février 2009

N°132

TABLE DES MATIERES

P. 3 Compte-rendu de la séance du mardi 10 février 2009
P. 6 Annonces
P.08 Documents

Prochaine séance: Mardi 10 mars 2009
MSH, salle 215-18heures :
Réflexions sur « Evolution et développement » en présence du Pr Michel MORANGE,
Directeur de l'Institut Jean Cavaillès de l'ENS

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

Séance du
Mardi 10 février 2009

Maison des Sciences de l'Homme, salle 215, à 18 h.

La séance est ouverte à 18 h. 00 sous la Présidence de Michel GONDRAN et en la présence de nos collègues, Gilbert BELAUBRE, Claude ELBAZ , Irène HERPE-LITWIN, Gérard LEVY, Jacques LEVY , Pierre MARCHAIS, Victor MASTRANGELO, Alain STAHL.

Etaient excusés : François BEGON, Bruno BLONDEL, Alain CARDON, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Françoise DUTHEIL, Jean -Pierre FRANCOISE, Marie-Louise LABAT, Saadi LAHLOU,.

L'Ordre du jour appelle le développement des points suivants:

- I) Accueil de Claude ELBAZ parmi les membres de l'AEIS de la Maison des Sciences de l'Homme
- II) « Evolution et Développement » : les filiations de Darwin par notre Collègue Gilbert BELAUBRE
- III) « Réflexions sur le Darwinisme » par notre Collègue Alain STAHL

D) Accueil de Claude ELBAZ parmi les membres de l'AEIS de la Maison des Sciences de l'Homme

Notre Président félicite Claude ELBAZ de son admission parmi nous et lui remet son titre.

II) « Evolution et développement : les filiations de Darwin » par notre Collègue Gilbert BELAUBRE.

En vue de notre prochain congrès notre Collègue estime qu'il faut articuler l'historique de la pensée Darwinienne avec les développements les plus récents tels que les théories probabilistes de Jean-Jacques KUPIEC sur l'embryogénèse ou les théories d'EDELMAN sur l'immunologie ou le développement des réseaux neuronaux. Il nous incite également à nous intéresser aux travaux de Michel MORANGE Professeur de biologie à Paris VI et Directeur du Centre Jean Cavailles à l'ENS.

Ceci le conduit à développer successivement les points suivants :

- 1) L'évolution de la pensée de Darwin,
- 2) le devenir de la théorie de l'évolution face aux développements successifs de la biologie statistique, puis de la génétique.
- 3) Les théories darwiniennes des populations de cellules : L'immunologie selon EDELMAN, les réseaux de neurones, TSGN d'EDELMAN, réseaux de HOLLAND
- 4) Le modèle standard de l'émergence selon HOLLAND. Le darwinisme relève-t-il du modèle de HOLLAND ? Retour sur les diverses formulations du darwinisme.

Notre Collègue insiste sur quelques aspects fondamentaux :

- Il préfère substituer au terme de **darwinisme** celui de **théorie de l'évolution**.
- Il insiste sur le nouveau concept développé depuis les années 1980 d' « **Evo-Devo** » qui lie évolution et développement , ontogénèse et phylogénèse.
- Il met l'accent sur la biologie statistique du développement telle que présentée par KUPIEC, EDELMAN...qui vient quelque peu s'opposer aux dogmes déterministes voire téléologiques de la génétique des années soixante-soixante dix. Néanmoins il modère le « **tout aléatoire** » en insistant sur la **caractère très spécifique de certains processus**.
- Principalement, il met en exergue le **caractère local et instantané** des sauts évolutifs qui affectent des individus et non des espèces entières. Il élimine ainsi l'existence aristotélicienne d'une spécificité préalable. L'évolution résulte d'événements aléatoires et locaux. La stabilisation dynamique d'un changement résultant de concours de circonstances.
- La notion d'espèce ne désignerait que des individus semblables et interféconds.

Il s'attache également à quelques aspects linguistiques : La théorie de la sélection naturelle des mutations aléatoires rappelle la notion d' « essais-erreurs » ou peut-être d' « essais-succès » .

Par ailleurs le rôle décisif de la sélection naturelle dans l'évolution a été contesté par certains auteurs comme KIMURA pour qui beaucoup de mutations aléatoires mais « neutres » vis-à-vis de la sélection naturelle persistent silencieusement au sein des espèces. Stephen Jay GOULD a également contesté quelques points de la théorie darwinienne partisane d'une évolution graduelle. Il développe une théorie selon laquelle à des périodes de stabilité succèdent des changements rapides ...à l'échelle des ères géologiques.

Une formulation détaillée de ces problématiques peut être lue dans le texte que nous a fourni Gilbert BELAUBRE et qui est publié dans les documents page 9.

III) « Réflexions sur le Darwinisme » par notre Collègue Alain STAHL

Notre Collègue donne ses points d'accord avec l'exposé de Gilbert BELAUBRE et axe ensuite le débat sur le conflit entre matérialisme pur et certains aspects la théorie du « Dessein intelligent ». Parmi les créationnistes figurent des tenants de la théorie fixiste de la genèse de l'Univers en 6 jours et en particulier de l'apparition quasi simultanée de toutes les espèces. Cette théorie est incompatible avec les données scientifiques. En revanche, on peut croire en un créateur, et accepter les données de l'évolution, la descendance commune à partir d'un ancêtre unique, et le jeu conjugué du hasard et de la sélection naturelle.

Cette théorie n'est pas nécessairement celle retenue par un croyant. On peut croire en un créateur et cependant réfuter l'hypothèse fixiste. Néanmoins il n'est pas certain que les théories darwiniennes de l'évolution expliquent tous les aspects de celle-ci.

La complexité de certains aboutissements de l'évolution est telle qu'il est difficile de faire reposer celle-ci sur une combinaison de mutations aléatoires retenues ou non par la sélection darwinienne. Certaines transitions resteraient encore incompréhensibles sans l'intervention d'une intentionnalité préalable qui les orienteraient. (Vision d'une évolution téléologique) et ceci en dépit des théories comme celles de Stephen Jay GOULD sur les grandes mutations.

Alain STAHL n'arrive pas à admettre l'explication gradualiste selon laquelle les grandes mutations résulteraient de l'accumulation de beaucoup de petites mutations même au cours de durées longues (plusieurs milliers d'années). Selon lui on ignore toujours les processus exacts mis en œuvre dans les grands sauts évolutifs.

Par ailleurs, il pense que l'opposition entre phénomènes purement aléatoires et processus déterministes mérite d'être fouillée. Il pense également que les processus de transfert horizontaux de gènes via des bactéries ou des virus sont à étudier plus avant.

Il ne lui semble pas non plus que la théorie de l'évolution et l'émergence de la vie soient de même nature.

Après quoi, la séance est levée à 20heures,

Bien amicalement à vous,

Inène HERPE-LITWIN

Annances



cycle « *Qu'est-ce que la Science ?* »

organisés par l'Université Nice-Sophia Antipolis <http://www.unice.fr>

Lundi 9 mars 2009 à 18h, AMPHI 6,

Pôle universitaire Saint-Jean d'Angély, Nice - (suivre le fléchage sur place)

Conférence à deux voix

avec **Jean-Luc Gaffard**, Professeur, Université Nice-Sophia Antipolis, Économiste
et **Jacques Lebraty**, Professeur émérite des Universités, Nice-Sophia Antipolis, Sciences de gestion

« L'économie et la gestion sont-elles des Sciences ? »

Jean-Luc Gaffard : *L'économie en question(s). La crise financière et économique que nous vivons est une occasion rêvée de remettre en cause le caractère scientifique de l'économie, non seulement de lui dénier toute capacité prédictive, mais plus fondamentalement de lui dénier la capacité de comprendre une évolution, des déséquilibres qui échapperaient à un entendement rationnel.*

D'où vient la crise ? Était-elle évitable ? Comment faut-il y faire face ? sont pourtant des questions auxquelles l'analyse économique est capable de fournir des éléments robustes de réponse. Pourquoi alors n'avoir pas eu la capacité de prévenir le désastre ? Tout simplement parce qu'il serait présomptueux d'imaginer que l'homme politique dûment conseillé par l'économiste puisse conduire sans heurts une société faite de millions d'individus mal et différemment informés, organisés en collectivités aux buts et dimensions variés sinon conflictuels. Il appartient plus modestement, mais plus sûrement, à l'économiste d'énoncer les conditions difficilement mais parfois sinon souvent atteintes de stabilité d'un univers fondamentalement instable et de proposer les termes d'arbitrages nécessaires entre intérêts ou objectifs divergents auxquels les décideurs doivent procéder.

Jacques Lebraty : *La question du caractère scientifique de l'économie ou de la gestion ne peut éluder le fait que ces disciplines sont des sciences humaines et pour cette raison relèvent de ce que l'on pourrait appeler un « constructivisme raisonné » fondé sur des représentations mais aussi sur un vécu historique. La discipline « Sciences de Gestion » est née en France d'une réflexion sur la productivité des entreprises et sur ce que faisaient en ce domaine les États-Unis.*

En s'affirmant elle a suscité une double interrogation concernant son identité et sa scientificité. Du premier point de vue, la reconnaissance institutionnelle de la discipline, l'existence de pères fondateurs et la production d'acquis spécifiques lui ont conféré une certaine autonomie.

Du second point de vue, confrontée à des critères tels que l'axiomatisation, ou la réfutabilité elle ne semble pouvoir prétendre qu'au qualificatif de science en gestation.

En réalité les Sciences de Gestion recouvrent un contenu dialogique où l'on voit bien se distinguer la gestion domaine de l'optimisation du management domaine de la créativité et du refus des règles du jeu. Cette distinction permet de résoudre la plupart des interrogations faisant de la question principale, la gestion est-elle une science, une question ambiguë. Finalement si la gestion peut être considérée comme une science, le management relève de l'art et exige une conscience à la hauteur du domaine sur lequel il s'exerce : l'être humain.

► Cette conférence sera suivie d'un débat public.

Le Blog : <http://www.leslundisdelaconnaissance.fr/>

L'Institut de Culture Scientifique de l'Université Nice-Sophia Antipolis <http://irh.unice.fr/>



Documents

Notre Collègue Gilbert BELAUBRE nous a communiqué le texte complet de son intervention du 10 février 2009:

p. 9 : Intervention de notre Collègue Gilbert BELAUBRE, « Evolution et développement, les filières de Darwin »

Par ailleurs nous vous proposons :

- un article du Pr Michel MORANGE consacré au Darwinisme :

p.16 « Entre faits et Théories » une communication faite en octobre 2007 publiée sur le site http://www.snes.edu/observ/spip/IMG/pdf_11-_inter_Morange_SM.pdf

- Pour illustrer la théorie neutraliste de Motoo KIMURA:

p. 21 une traduction du chapitre d'introduction de son livre « The neutral Theory of Molecular Evolution » pris sur <http://books.google.fr/books?id=olIoSumPevYC&printsec=frontcover&dq=CPG+Constraint+evolution#PPP1.M1>

- Une rétrospective générale du problème de l'Evo-Devo par le Pr Denis DUBOULE de l'Université de Genève donnée au Collège de France :

p. 23 : L'évolution biologique et ses mécanismes pris sur le site : http://www.college-de-france.fr/media/phi_sci/UPL55958_Duboule_mecanismes_evolution_biologique.pdf.

Evolution et Développement. Les filiations de Darwin

1. *Evolution de la pensée de Darwin.*

2. *Ce que devient la théorie de l'évolution face aux développements successifs de la biologie statistique, puis de la génétique.*

3. *Les théories darwiniennes des populations de cellules : L'immunologie selon Edelman, les réseaux de neurones, TSGN d'Edelman, réseaux de Holland.*

4. *Le modèle standard de l'émergence selon Holland. Le darwinisme relève-t-il du modèle de Holland ? Retour sur les diverses formulations du darwinisme.*

Conclusion

1. Evolution de la pensée de Darwin

Darwin est d'abord un naturaliste méticuleux qui a, tout au long de sa vie, accumulé une masse impressionnante d'informations. Mais il a, en même temps, articulé ses informations pour mettre en évidence les éléments qui permettaient de les structurer. Son voyage autour du monde à bord du « beagle », bateau affrété par la Marine Royale pour diverses missions, lui permit ainsi non seulement de récolter une abondante moisson d'informations, mais aussi d'apporter des thèses sur les rapports entre groupes de populations issues d'ancêtres communs, sur l'évolution des espèces à partir de bifurcations, en un mot, de fonder sur des faits une théorie de l'évolution qui interprète et refonde, dans la dynamique du vivant, les taxinomies issues essentiellement d'observations morphologiques considérées comme fournissant des critères de classement. Il a commencé à édifier sa théorie de l'évolution à son retour de voyage, , mais ce n'est qu'après des années de travail de compilation et de réflexions qu'il conçut l'ensemble théorique de l'évolution.

L'évolution selon Darwin est présentée comme l'effet successif du **hasard** et de la **sélection naturelle**.

Que faut-il entendre par ces termes ?

Hasard : Au milieu du XIX^{ème} siècle, la biologie n'a pas abordé la structure cellulaire, ni les rapports entre populations de cellules. Claude Bernard marque l'avènement de la physiologie moderne.

Faute de pouvoir détecter des causes de variations morphologiques, physiologiques ou comportementales, Darwin les attribue au hasard.

Sélection naturelle : en revanche, les modalités selon lesquelles les modifications intervenues se stabilisent et se répandent font l'objet d'une théorie scientifique qui s'enrichira à l'épreuve des découvertes successives.

La sélection artificielle que pratiquent éleveurs et horticulteurs a été un champ d'expérimentation primordial. Darwin y découvre l'accélération, par l'intervention humaine, de processus qui, dans la nature, se réalisent par petites étapes successives.

L'apparition de la théorie de Malthus, fondée sur la progression exponentielle des populations et sur la limitation des ressources, qui engendrent la lutte pour la survie, est un élément majeur de la sélection naturelle. Des déviances graves ont engendré des interprétations abusives de la pensée de Darwin.

Enfin, Darwin prend connaissance, en 1839, d'un article d'un médecin, Martin Barry, qui a étudié les embryons de nombreuses espèces et a constaté qu'à partir d'une forme primitive commune, ils se différencient progressivement. Ces résultats pouvaient être représentés globalement sous la forme d'un arbre présentant des ramifications successives. Darwin reconnut immédiatement la parenté de cette représentation avec celle qu'il se faisait de la diversification des espèces, et il en tira son « arbre de la vie », un des piliers de sa théorie. Darwin était donc convaincu de la similitude des représentations de l'embryogenèse et de l'évolution. Cette ressemblance fut érigée en principe par le biologiste Ernst Haeckel, au début du XX^{ème} siècle : « l'ontogenèse récapitule le phylogénèse », affirmation qui eut tout au plus le statut d'une conjecture, car aucun élément explicatif de l'origine des modifications ontogéniques n'était accessible (Haeckel, au demeurant, était vitaliste et croyait à une « force interne »). . Le retour du lien entre phylogénèse et ontogenèse viendra seulement vers 1980 , avec l'« évo-dévo »

Pour résumer :

1 . Darwin ne connaît pas les modalités selon lesquelles les mutations se produisent. Aucune règle ne pouvant être détectée, elles sont attribuées au hasard. Cependant, par analogie avec les résultats de la sélection artificielle, il attribue, assez tardivement, vers 1840, les modifications intervenant naturellement à des événements aléatoires à un niveau non défriché. Dans le même temps, il définit la sélection naturelle comme le résultat d'avantages adaptatifs généralement minimes et progressifs qui conduisent à la survie de certaines « branches » de l'arbre évolutif tandis que d'autres sont vouées à l'extinction.

2 . D'autre part, le schéma de la sélection naturelle est la transposition « lente » des résultats « instantanés » de la sélection artificielle. En outre, dans la sélection artificielle, on exploite systématiquement les modifications aléatoires apparaissant chez les individus pour les étendre par procréation sous contrôle. Darwin a créé sa théorie par la double approche de l'observation et de l'expérimentation

2-Ce que devient la théorie de l'évolution face aux développements successifs de la biologie statistique, puis de la génétique.

I – L'introduction des mesures et les traitements statistiques initiés par Galton, proche parent de Darwin, sont à l'origine de recherches intéressantes : la biométrie a introduit l'étude des populations. La biométrie a été à l'origine de modèles mathématiques décrivant l'évolution, qui n'ont cessé de se perfectionner : notons cependant qu'il s'agit de simulation, et non de modèles théoriques.

II - Les lois de Mendel apportent à la fois l'apparition des probabilités dans la représentation de l'héritage des caractères, mais aussi la notion d'entités élémentaires, sortes d'atomes d'hérédité ; il s'agit d'une prémonition de la découverte des gènes. Ces lois, sont restées jusqu'au début du XX^{ème} siècle dans l'indifférence des biologistes.

L'héritage selon Mendel est un capital transmis. La génétique développera, sur cette base, pendant plus de cinquante ans, une théorie du mécanisme de cette transmission, strictement déterministe. En revanche l'étude des populations se développera sur le schéma probabiliste, et les deux domaines resteront largement étrangers l'un à l'autre.

III - Le courant de pensée qui a prétendu s'imposer comme continuateur de la pensée de Darwin, sous le nom de « Théorie synthétique » (ou Néodarwinisme) s'est largement fondé sur la biologie des populations. Il s'en est suivi une rupture idéologique avec le courant né de la biologie moléculaire (génétique) qui a duré tout au long du XX^{ème} siècle. Ce courant s'est développée de 1920 à 1950 environ et ses chefs de file ont été Ernst Mayr, Theodosius Dobzhansky, et George Simpson. Mayr a voulu, par la théorie synthétique, unifier la théorie de l'évolution et la génétique des populations. Son approche typologique (définition des espèces) était essentiellement fondée sur les caractères morphologiques, la géographie et l'isolement reproductif. Simpson, au contraire, introduisit la notion d'espèce évolutive, qui se fondait sur des lignées d'ascendance commune, chacune ayant son histoire et son destin. Cette conception peut accueillir les développements apportés par la génétique, et elle est plus proche de la pensée de Darwin.

IV - La génétique (on peut dater son apparition de 1909), apporte une révolution qui vise à faire de la biologie une science exacte à caractère strictement déterministe. La prétention du programme génétique est, dans ses débuts, celle d'une idéologie totalitaire qui introduit la finalité sous l'habillage de « téléologie ».

Tant que les positions des protagonistes étaient inébranlables, tout projet visant à associer, dans une même théorie, l'évolution selon le schéma néodarwinien qui nie le préalable de l'espèce, et la génétique fondée au contraire sur des enchaînements de spécificités était voué à l'échec. Les néodarwiniens ont négligé l'apport de l'embryogenèse dans l'évolution des individus, et par suite, des populations. Chez les généticiens, la spécificité à tous les niveaux était un dogme. Pourtant, ce dogme a été remise en cause très tôt et n'a cessé d'être contestée par les progrès des investigations.

Le premier exemple de révision de l'hypothèse strictement déterministe dans la génétique est dû à Morgan. Après avoir adhéré (en 1926) à l'idée d'un déterminisme génétique strict, il doit l'abandonner à la suite de ses propres travaux. Il introduit , avec la multiplicité des relations entre gènes et caractères ou processus, une mise en cause du déterminisme et il ouvre donc la voie à des interprétations probabilistes, dès 1934. Ce n'est toutefois qu'à partir de 1960 que la plupart des biologistes ont commencé à mettre en doute le caractère strictement déterministe de la génétique. En effet, de nombreuses découvertes allaient altérer ce schéma. Les déplacements aléatoires de gènes sur le génome, la mise en échec de la spécificité biunivoque gène-protéine, la mise en cause plus générale du principe « tel gène, tel caractère » introduisaient la nécessité d'interprétations probabilistes. Il y a en outre des phénomènes plus troublants encore : Kimura a montré qu'une part importante des mutations génétiques spontanées était sans effet sur les caractéristiques de l'individu. Ce constat induit la notion de « robustesse » du génome, l'idée, en somme, que l'action globale des gènes « statutaires » s'opposait à l'action de l'intrus (interprétation anthropomorphique qui ne me plait pas). Un phénomène très inattendu a été révélé récemment : sous le nom de « transfert horizontal de gènes », il décrit des migrations de gènes qui passent de cellule à cellule, dans le même type de cellule, mais aussi dans des types différents, et même de cellule d'un individu à cellule d'un autre individu d'une autre espèce.

Il faut tout de même insister sur le fait que, malgré ces constats, beaucoup de phénomènes génétiques sont strictement stéréotypés : des séquences de structurations se produisent infailliblement dans de nombreuses phases des embryogenèses, ce qui autorise une représentation déterministe.

Cette complexité ,où les interprétations déterministes et probabilistes ont chacune leur part, allait susciter de nouveaux projets de synthèse.

V– le projet « évo-dévo »...et la suite. Les travaux récents en matière de génétique et d'embryogenèse apportent des résultats à première vue contradictoires. La non-spécificité des interactions moléculaires est établie. On ne peut pas cependant la considérer comme générale.

La non-spécificité des expressions des gènes est également établie. En revanche, il semble bien que beaucoup de gènes aient des actions (expressions) très ciblées : en particulier, les gènes homéotiques, qui président à la structuration de l'embryon, provoquent des enchaînements d'événements strictement stéréotypés : un exemple impressionnant est le développement embryonnaire du poisson-zèbre (voir zebrafish, video sur internet).

Le projet « évo-dévo » vise à associer, éventuellement dans un modèle unique, l'embryogenèse, la génétique du développement et l'anatomie (y compris fossiles).

Kupiec plaide pour une théorie unitaire probabiliste fondée sur la sélection naturelle à tous les niveaux, de la molécule à l'espèce.

L'idéologie , qu'elle soit essentialiste (réaliste), ou finaliste, ou qu'elle refuse ces dogmes au nom du matérialisme ou d'un agnosticisme fondamental, doit s'accommoder des faits. Si les faits semblent contradictoires, c'est sans doute que nous ne les avons pas encore intégrés dans une vision cohérente.

Dans son ouvrage « Les secrets du vivant », Michel Morange plaide pour une approche multiple, aussi bien expérimentale que théorique, de la biologie. Pour l'instant, c'est la sagesse.

VI – Sélection naturelle à tous les niveaux : Stephen Jay Gould a été à la fois un paléontologue et un historien d'évolution. Il a contribué à établir la théorie de l'évolution dans toutes les étapes dont les traces subsistent dans les structures géologiques. Historien et philosophe, esprit très attachant, il a fortement marqué le courant « darwinien » dans un héritage de pensée qui prend en compte tous les acquis scientifiques postérieurs à l'époque de Darwin. Dans son dernier et plus important ouvrage, « Structure de la théorie de l'évolution » il énonce une règle : on ne peut juger du contenu et de la valeur d'une pensée (ici théorie scientifique), que dans son contexte historique. Donc le regard que porte Gould sur l'évolution, et la théorie qu'il peut formuler, sont différents de la pensée de Darwin. En deuxième lieu, Gould, paléontologue, analysant les stratifications géologiques et les fossiles qu'elles enferment, constate que de longues périodes de stabilité des espèces alternent avec de brèves et intenses activités évolutives. Il en tire la conviction que l'évolution agit directement sur l'espèce. Il ajoute que la sélection naturelle peut s'exercer à tous les niveaux de notre représentation : gène, cellule, organe, individu, espèce

Comme Gould ne donne pas d'explication sur les modalités de ces « mutations d'espèces », et qu'il ne donne pas non plus d'évaluation de la durée de ces « sauts » qui rompent l'équilibre (il parle d'équilibres ponctués, mais qu'est-ce qu'une ponctuation, à l'échelle géologique ?), cette hypothèse me paraît mal étayée. Je n'ai pas trouvé trace de travaux visant à évaluer la durée (ou le nombre de générations) nécessaires pour que se réalise tel ou tel type de mutation. L'idée que l'espèce puisse être prise comme unité évolutive dans la théorie me paraît relever de la vision 'à gros grain (coarse graining). J'y reviendrai à propos du développement.

Enfin, la pensée de Gould vise à considérer le « buissonnement » des espèces comme totalement étranger à la notion de progrès. Cette idée, développée dans « L'éventail du vivant », vise à ruiner le mythe de la position ultime de l'homme dans l'évolution. Gould montre cependant que la capacité de transmission par l'apprentissage donne un avantage exceptionnel à l'espèce humaine.

Peu de savants résistent à la fascination de l'anthropocentrisme. Dans un article récent, Richard Delisle décrit les conceptions « cosmiques » de Dobzhansky et de Rensch. Tous deux donnent une position exceptionnelle à l'homme. Rensch affirme une forme d'éternel retour en prédisant que l'homme se rendra responsable de la disparition de la vie sur terre, avec l'« explosion » du système solaire. Il ne semble pas se préoccuper du rapport entre la durée probable de l'espèce humaine (dans l'arbre de l'évolution), et celle au bout de laquelle le système solaire connaîtra des troubles graves.....

3. Les théories darwiniennes des populations de cellules : L'immunologie selon Edelman, les réseaux de neurones, TSGN d'Edelman, réseaux de Holland.

La conjonction entre la génétique et la théorie de l'évolution (selon le schéma « hasard-sélection naturelle) se heurte à des faits qui, pour l'instant appellent des interprétations contradictoires.

Il n'en va sans doute pas de même si l'on s'intéresse aux populations de cellules se structurant en réseaux ou se formant en tissus.

L'exemple le plus intéressant dans ce domaine d'investigations est celui de la structuration de groupes neuronaux. Cette formation en réseaux a été étudiée de manière différente, mais convergente, par Edelman et par Holland.

La Théorie de sélection des groupes neuronaux (TSGN) d'Edelman s'affirme « darwinienne ». Edelman a reçu le prix Nobel pour sa théorie de l'immunologie dont le principe répond à un mécanisme de « sélection naturelle » (ou capacité adaptative): la rencontre aléatoire d'un antigène et de l'anticorps capable de le fixer provoque une « catastrophe » cellulaire et la cellule opère une mitose. Dès lors, elle a augmenté la capacité immunitaire de l'organisme. Il s'agit bien d'un phénomène adaptatif.

Edelman a conçu, pour la structuration du système nerveux, dès l'embryogenèse, un schéma adaptatif dont le principe réside dans l'activation progressive d'un amas cellulaire formé en réseaux ne répondant à aucun plan préétabli mais se mettant en route selon les stimulations reçues de l'organismes (organes des sens principalement). Les réseaux activés se confortent, les autres sont voués à la disparition. Le processus initial de formation des réseaux réside dans la production, d'origine génétique, de « molécules d'adhésion » qui associent entre elles les cellules. Ensuite, les relations des groupes neuronaux avec leur environnement entraînent la sélection, et favorisent la morphogenèse du système nerveux.

Les travaux de Holland l'ont conduit, à partir de conceptions très voisines, à imaginer un modèle informatique qu'il a ensuite généralisé pour en faire un modèle général d'émergence. Ce modèle prend en compte l'enchaînement des activations. Chaque neurone, à chaque « pas », est caractérisé par son niveau d'excitation, (intensité, durée et affaiblissement), et son intensité synaptique..

Le modèle se fonde sur quelques règles simples :

1 - Un grand nombre, mais limité, d'unités interagissent.

2 - A un « pas » donné du processus, les caractéristiques attachées à chaque unité sont parfaitement définies.

3 - Le processus de passage au « pas » suivant dépend exclusivement de l'état actuel du réseau.

4 - Enfin, le réseau est soumis à un certain nombre de règles (il s'agit des contraintes de l'environnement) qui agissent sur l'état des neurones ou même peuvent provoquer des réarrangements (modifications de structure).

Ce modèle débouche, chez Holland, sur la notion d'émergence

Ces modèles neuronaux sont, à première vue, parfaitement compatibles avec l'activité génique et les événements moléculaires dans les cellules et dans l'environnement cellulaire. Ils pourraient être de bons modèles pour la genèse des tissus et peut-être pour leurs pathologies (cancers).

4. Le modèle standard de l'émergence selon Holland. Le darwinisme relève-t-il du modèle de Holland ? Retour sur les diverses formulations du darwinisme.

Holland, après un inventaire des modèles d'émergence, en fait une synthèse sous le nom de « Processus de génération sous contrainte » (Constraint Generating Procedures, cgp).

CGP obéit à quatre conditions :

1. Des règles (fonctions de transition), en général extrêmement simples, peuvent produire des phénomènes cohérents dits émergents.

2. L'émergence résulte d'interactions non linéaires entre agents actifs (entre eux et avec leur environnement).

3. Des phénomènes émergents, s'ils se stabilisent, peuvent engendrer de nouveaux niveaux d'émergence.

5. Définition de l'émergence : Processus susceptible d'engendrer de multiples possibilités, couplé à un ensemble de contraintes qui limitent ces possibilités

Cette formulation appelle immédiatement la conception d'Edelman sur la genèse des réseaux de neurones et nous renvoie au schéma fondateur de la théorie de l'évolution : l'évolution est le résultat de processus aléatoires sur lesquels opère la sélection naturelle.

La parenté entre les deux définitions est tellement forte qu'il n'est pas exagéré de dire : « la théorie de l'évolution exprime l'émergence de la vie ».

Conclusion

Darwin a étudié infatigablement (œuvres complètes, 35 volumes), le développement et les généalogies des êtres vivants avec les moyens de son temps. Il est arrivé à la conviction que le déroulement et la complexification de la vie sur terre n'obéissait pas à quelque programme préétabli. Sans pouvoir analyser les modalités qui initient les variations, il les a qualifiées de « hasard ». En revanche, il a interprété la stabilisation ou l'échec de ces modifications comme l'effet de la « sélection naturelle », c'est à dire de la plus ou moins bonne capacité des êtres à subsister et à se reproduire dans leur milieu. Cette capacité se manifeste au niveau des individus. L'accumulation des individus possédant les mêmes caractéristiques constitue l'espèce. En ce sens, Darwin est nominaliste. Le hasard des mutations étant supposé sans être expliqué, c'est le principe de sélection naturelle qui fonde la

théorie de l'évolution. Dans tous les développements ultérieurs, le schéma fondamental sera conservé, mais le cadre théorique sera totalement modifié. Les théories de l'évolution vont se succéder sous des formes très contrastées. On n'a pas de raison de parler de Darwinisme, car ce serait mettre un pied dans un débat de doctrine, un débat métaphysique.

La théorie de l'évolution a pour créateur Darwin, comme la relativité a pour auteur Einstein.

Il est possible, ne serait-ce que pour réfléchir à la portée de la théorie, d'évoquer des schémas de pensée voisins qui ont leur place dans différents domaines :

Essais et erreurs (ou réussites)

(Cette formule ne préjuge pas de l'origine de l'essai).

Hasard, suivi de sélection naturelle . (Darwin, Edelman)

Concours de circonstances, suivi de stabilisation (ou d'instabilité)

(Cette formule peut avoir une portée plus générale).

Si toutefois on veut interpréter la pensée de Darwin comme une conception du monde, alors, la pensée fondamentale de Darwin est celle d'une évolution locale (elle arrive par des mutations apparaissant chez des individus), non préméditée, dépourvue de finalité. Elle correspond, au niveau du vivant, à l'idée que l'évolution est la résultante d'événements locaux, largement indépendants les uns des autres, sans ordre préétabli, sans finalité, un monde ouvert, où parfois les contraintes créent des régularités, ce que nous appelons de l'ordre.

Entre faits et théorie

Samedi matin, 20 octobre 2007

Par Michel MORANGE

professeur de biologie à l'ENS Paris et Paris 6

[http://www.snes.edu/observ/spip/IMG/pdf/11- inter Morange SM.pdf](http://www.snes.edu/observ/spip/IMG/pdf/11-inter_Morange_SM.pdf)

Je voudrais me centrer un peu sur cette question du darwinisme comme théorie et successivement je voudrais faire trois choses :

- d'abord discuter de cette phrase « *le Darwinisme est la théorie de l'évolution* » puis ensuite deux autres points de discussion :
- le premier c'est d'affirmer qu'une explication de type darwinien doit être associée à d'autres explications biologiques et qu'il ne faut pas faire du darwinisme une sorte de théorie abstraite
- et puis, le dernier point, il faut désidéologiser le darwinisme. Ce n'est pas parce qu'il y a l'opposition « créationnisme-évolutionnisme » qu'il faut pour autant faire du darwinisme une sorte d'idéologie scientiste.

Le darwinisme est la théorie de l'évolution.

Si c'est une théorie – et j'en suis d'accord - ce n'est pas une vérité, c'est, comme toute théorie, un ensemble explicatif qui reste vrai tant qu'il n'a pas été réfuté. Là je fais du « Popper simple », on ne doit jamais oublier que les théories scientifiques ne sont pas vraies, elles cherchent au mieux à décrire la réalité, mais leur force au contraire c'est de pouvoir être soumises sans arrêt à la critique expérimentale et donc être modifiées.

Quand les créationnistes disent que le darwinisme n'est qu'une théorie, on peut dire à la limite qu'ils ont raison, ce n'est qu'une théorie scientifique donc elle n'est pas la vérité.

Le deuxième point, que l'on a d'ailleurs reproché à Popper, c'est de considérer que les théories scientifiques sont une sorte d'affirmation et qu'au fond si une expérience remet en cause, toute la théorie s'effondre. Cela c'est un cas idéal qui dans la réalité n'existe pas.

Une théorie scientifique (et le darwinisme en est une) c'est un ensemble extraordinairement complexe, c'est-à-dire que ce n'est pas une affirmation mais un ensemble de sous théories, de modèles, et que dans la majorité des travaux scientifiques ce qui est en quelque sorte interrogé, ce n'est pas la théorie dans son ensemble mais un modèle particulier, un sous ensemble.

Pour prendre quelques exemples de ce qu'est le Darwinisme aujourd'hui et ce qui le distingue de ce qu'a dit Darwin, on a aujourd'hui plein de choses nouvelles qui étaient unimaginables du temps de Darwin. Prenons par exemple le rôle que les variations dites neutres, le neutralisme, peut avoir dans l'évolution, des phénomènes comme la dérive génétique aussi sont des phénomènes comme quoi il peut y avoir une variation dans les taux d'allèles indépendants de toute action de la sélection naturelle, ce genre d'observation n'était pas chez Darwin, ce sont des apports récents à la théorie de l'évolution.

Autre phénomène- j'en citerai deux ou trois- prenez ce phénomène de la « construction de niches » qui me semble tout à fait intéressant. Dans un modèle évolutionniste classique, on dit qu'il y a l'organisme et que une variation de milieu va sélectionner un certain nombre d'individus parmi la population qui sont mieux adaptés au nouvel environnement.

Ce que dit la théorie de la construction de niches, c'est que les organismes vivants contribuent à créer l'environnement et c'est particulièrement vrai pour certaines formes vivantes qui modifient leur environnement.

Quel est l'intérêt de la théorie de la construction de niches? C'est que au lieu d'avoir cette opposition un peu brutale entre l'organisme et l'environnement, elle dit que ce n'est pas aussi simple que cela : vous avez un environnement et un organisme et l'organisme réagit en créant une sorte de micro environnement.

Pensez par exemple, aux transformations que les vers de terre font subir à la terre dans laquelle ils se développent, ce micro environnement créé par l'être vivant c'est celui dans lequel la sélection des générations futures va se faire.

Donc vous avez là une nouvelle vision des relations entre l'organisme et l'environnement qui fait partie clairement de la théorie de l'évolution mais qui est un élément nouveau et qui peut être testée indépendamment de tout le reste.

Je prends encore un nouvel exemple : toutes les observations qui se sont accumulées depuis pas mal de temps mais qui vont encore en s'accroissant comme quoi un phénomène majeur dans l'évolution est la duplication des gènes.

Donc, le modèle comme quoi la réponse essentielle des organismes c'est la différenciation allélique aujourd'hui on sait que la duplication des gènes s'est produite plusieurs fois au cours de l'évolution. On a des explications comme quoi une duplication de gènes peut permettre de créer une nouvelle fonction sans que pour autant la fonction antérieure disparaisse.

Voilà un mécanisme qui est pleinement intégré aujourd'hui à la théorie de l'évolution, qui n'était pas chez Darwin et qui constitue un de ces nombreux modèles théoriques qui font partie de la théorie de l'évolution.

Donc, en réalité quand aujourd'hui les biologistes testent la théorie de l'évolution, très souvent ils testent une de ces hypothèses, un de ces sous modèles et ne testent pas la théorie de l'évolution dans son ensemble.

Si on reprend aussi l'épistémologie moderne, on sait que pour qu'une théorie soit renversée, il faut qu'il y ait une théorie qui prenne sa place. Et c'est très clair aujourd'hui que le créationnisme n'est pas une théorie scientifique, que l'Intelligent Design n'est pas une théorie scientifique au sens traditionnel puisque finalement elle renonce à vouloir expliquer de manière naturelle les phénomènes. Et il n'y a pas de théorie concurrente aujourd'hui de la théorie darwinienne de l'évolution. Il n'y a rien qui se profile à l'horizon scientifique comme théorie qui risquerait au fond de défier la théorie de l'évolution et de prendre sa place.

Un dernier point, c'est qu'on appelle cette théorie « la théorie darwinienne » puisque Darwin au 19ème siècle a proposé un nouveau mécanisme qui a encore toute sa place dans la théorie de l'évolution. Je pense que c'est tout à fait malheureux qu'on ait conservé cette expression.

On devrait parler de théorie de l'évolution et ne pas parler de darwinisme.

C'est un cas unique en sciences. En physique, on n'a jamais parlé d'Einsteinisme pour la théorie de la relativité. Pourquoi continuer à parler de Darwinisme pour la théorie de l'évolution? C'est d'une certaine manière trop donner à Darwin. Il a eu un rôle important mais la théorie de l'évolution aujourd'hui est bien plus riche que ce qu'avait proposé Darwin et elle est différente sur un certain nombre de points.

Parler de Darwinisme, c'est donner une certaine vision fautive de la science, à mon avis, comme si de temps en temps il y avait des sortes de révélations, et là on avait franchi une étape absolument majeure et après à peu près rien ne se passerait.

La théorie de l'évolution a connu d'énormes transformations depuis le 19ème siècle. Il y a eu au milieu du 20ème siècle la théorie synthétique de l'évolution mais qui n'est plus aujourd'hui non plus la théorie de l'évolution.

La théorie de l'évolution aujourd'hui, c'est quelque chose de très différent qui a en particulier intégré un certain nombre d'observations venant de la biologie moléculaire.

Le point suivant me semble fondamental, mais on n'aura pas forcément les mêmes points de vue car suivant l'origine disciplinaire dans les sciences du vivant, les points de vue peuvent être différents. Je pense qu'une explication de type darwinien doit être associée à d'autres formes d'explications.

Ce qui se passe aujourd'hui dans les sciences du vivant, c'est en particulier le rapprochement entre la théorie de l'évolution et la théorie du développement, **le champ nouveau qu'on appelle «évo-dévo », essayer de comprendre les modifications géniques qui ont pu être impliquées dans les transformations évolutives.**

Cela ne remet pas en cause le darwinisme mais je crois que c'est un plus.

Je pense que le darwinisme, c'est la règle du jeu : variation, sélection.

Mais par contre, il faut savoir avec quoi on joue. On joue avec les mécanismes génétiques moléculaires qui permettent la construction des organismes et il me semble que savoir avec quoi le jeu de l'évolution se fait est aussi important que savoir quelle est la règle du jeu de l'évolution.

Autre intérêt, c'est de faire du darwinisme quelque chose de beaucoup moins abstrait mais justement pouvoir rentrer dans le détail, comment cela s'est passé, de faire du darwinisme quelque chose de plus concret.

Il me semble qu'il y a quelque fois le défaut dans la théorie de l'évolution et chez certains évolutionnistes de considérer que la variation est « tout est possible », n'importe quelle variation peut se produire, l'espace des possibles est infini.

Il y a l'option inverse, de suggérer qu'en réalité il y a un changement génétique absolument fondamental pour permettre telle ou telle forme évolutive.

Je pense que dans la majorité des cas, la réalité est entre les deux, c'est à dire ni n'importe quelle mutation peut ouvrir des chemins évolutifs nouveaux, ni une variation unique va être le moteur d'une transformation évolutive absolument fondamentale. C'est entre les deux, c'est-à-dire les variations génétiques, les mécanismes d'action des gènes ouvrent un certain nombre de possibles qui vont être ensuite stabilisés, sélectionnés, dans un environnement particulier donné. Mais comme c'est entre les deux, si on veut pleinement comprendre l'évolution, il faut comprendre les deux, il faut comprendre la règle générale du jeu, la sélection naturelle, mais il faut comprendre aussi sur quoi elle s'applique, quelles sont les variations génétiques, quels effets elles ont, en quoi elles permettent éventuellement justement ce jeu de la sélection naturelle.

Il y a d'autres explications, les êtres vivants sont des êtres physiques et obéissent aux lois de la physique, il ne faut pas l'oublier et je pense qu'aujourd'hui, à nouveau, on commence à redécouvrir que ce sont des machines physiques. Là encore tout n'est pas possible parce que ce sont des objets physiques et que étant des objets physiques, les lois de la physique s'appliquent à eux et font que certaines choses sont possibles, d'autres ne le sont pas.

Je pense que c'est une grande force de la recherche biologique de tenter de rapprocher ces visions différentes du monde vivant et de les rapprocher de manière concrète. Et il n'y a pas de hiérarchie naturelle entre ces explications. Quand par exemple, on dit que la théorie de l'évolution explique le « Pourquoi » et que les autres expliquent le « Comment », il semble que cette distinction Pourquoi-Comment doit être examinée de près, elle est beaucoup trop simpliste en réalité, on n'a pas quelque chose de si tranché entre les deux.

Si j'insiste sur ce point, c'est parce que je m'oppose à l'opinion de certains évolutionnistes comme par exemple Ernst MAYR, un grand évolutionniste américain qui disait : « la biologie moléculaire n'a rien apporté à la théorie de l'évolution ». C'était un de ses derniers articles il y a plus de cent ans et je pense que c'est faux.

La théorie de l'évolution a été enrichie, modifiée, transformée par l'apport des connaissances moléculaires ou par d'autres apports.

Le dernier point sur lequel je voudrais revenir, c'est : « *dé-idéologiser le darwinisme* ». Parce qu'il y a certaines présentations du darwinisme qui me semblent tout à fait inappropriées. Je pense tout particulièrement à ce type de présentation qui a été mis en avant par un auteur comme Richard DAWKINS, que beaucoup d'entre vous connaissent les idées, qu'au fond les gènes sont au coeur de l'évolution, que les organismes ne sont que des vecteurs de gènes et que au fond c'est le pouvoir des gènes, **la volonté des gènes** qui conduit à l'évolution, les gènes cherchent à se multiplier, se transmettre d'organisme en organisme, donc une vision qui prête aux gènes des intentions, une volonté...

Pour dire les choses très honnêtement, quand DAWKINS utilise ce type de métaphore et de langage, il est pleinement conscient qu'il ne s'agit que d'un langage, Les gènes n'ont aucune volonté, il le dit, ils ne veulent rien, simplement si une formation génique permet à la forme génique particulière de se retrouver chez les descendants, cette forme génique l'emportera, il n'y a nulle part aucune volonté.

Raisonnement ainsi en terme de stratégie peut avoir une valeur heuristique, permettre et favoriser des découvertes et effectivement cela peut être utile. Néanmoins, je pense que c'est une manière de présenter les choses très dangereuses, d'attribuer aux gènes une certaine volonté.

La même critique pourrait s'appliquer à la « notion d'information » dont on use et on abuse. C'est-à-dire en disant que l'information génétique passe d'organisme à organisme, que tout vient de l'information génétique, comme si le terme d'information génétique avait un sens simple et évident en lui-même, c'est une erreur.

Je renvoie à des manuels que vous connaissez mieux que moi, où la première phrase commençait : « les chromosomes sont le support de l'information génétique ». Je veux bien mais il me semble qu'on n'explique rien puisqu'il faudrait définir l'information génétique.

Or, ce n'est pas évident du tout et par exemple, il n'est pas clair et même probablement inexact : quand on parle de l'information génétique on ne se réfère pas à la théorie de l'information, donc c'est un sens très particulier que les biologistes ont donné au terme « information ».

Toutes ces présentations très abstraites, à mon avis, sont assez dangereuses. J'ai entendu même des grands généticiens parler avec les trémolos dans la voix, parler de la volonté des gènes en terme schopenhaurien et cela me paraît du délire métaphysique.

Donc attention, revenir au concret, au matériel, aux molécules. Dans la culture française, on a tendance à valoriser tout ce qui abstrait-le schème explicatif- et dévaloriser ce qui est plus concret.

De même, la notion de hasard, certes elle intervient dans la théorie darwinienne, mais il y a des hasards de nature différente, et il ne faut pas non plus transformer le hasard en un acteur unique, une sorte de nouveau dieu dans l'évolution. Le hasard, cela intervient mais il y a des hasards différents, **par exemple le hasard des mutations n'est pas le même que la contingence de l'environnement dans lequel va s'exercer l'effet de la sélection naturelle. Ce sont deux formes de hasard différentes.** N'allons pas au-delà avec un discours admirateur ou craintif devant le hasard qui guiderait l'évolution.

Les leçons à tirer des observations évolutives : là aussi se méfier des soi disant leçons que livrerait l'évolution des formes vivantes. Je pense là à tout ce qui a été dit sur la comparaison du génome de l'homme et du singe. On a pu lire « quelle leçon de modestie pour l'être humain » etc..c'est peut être bien parce qu'effectivement, cela nous obligera à faire plus attention aux animaux et en particulier aux grands singes. C'est bien d'être modeste mais en même temps cela me paraît aller bien au-delà de ce que disent les scientifiques.

D'abord, parce que c'est très quantitatif, il faut se méfier de cette quantification qui n'apporte pas grand-chose. Même si nous avons 0,1 % de différence avec le singe, je pense qu'on est dans l'ordre du jugement de valeur, on n'est plus dans l'ordre de la science. On entre là dans un discours qui me paraît tout à fait absurde, il faut faire attention à ne pas sur-interpréter les faits et les observations scientifiques.

Conclusion : suivre l'exemple de Darwin

Pourquoi ? Si vous regardez l'oeuvre de Darwin, il a fait certes une oeuvre de théoricien, l'origine des espèces, mais l'essentiel de l'oeuvre de Darwin c'est celle d'un observateur et d'un naturaliste. C'est ce qui a occupé l'essentiel de son travail. C'est quelqu'un qui a observé la théorie de l'évolution dont la sélection naturelle n'est qu'une petite partie de l'oeuvre de Darwin et si vous lisez « *l'origine des espèces* », vous verrez que la partie théorique ne joue qu'un rôle relativement mineur par rapport à une description très attentive des faits et des observations faites.

THEORIE NEUTRALISTE DE L'EVOLUTION MOLECULAIRE

Par Motoo KIMURA

Traduction de l'introduction du livre :

« The neutral theory of Molecular evolution »

<http://books.google.fr/books?id=olIoSumPevYC&printsec=frontcover&dq=CPG+Constraint+evolution#PPP1,M1>

La théorie neutraliste soutient que la plupart des changements évolutifs mis en évidence par des études comparatives de séquences de protéines et d'ADN, ne sont pas causées par la sélection darwinienne mais par une dérive aléatoire neutre ou pratiquement neutre à l'égard de la sélection darwinienne. La théorie ne nie pas le rôle déterminant de la sélection naturelle dans l'évolution adaptative, mais elle suppose que seule une part minime des changements de l'ADN au cours de l'évolution sont de nature adaptative alors que la grande majorité des substitutions moléculaires, muettes au niveau du phénotype, n'exercent aucune influence sur la survie ou la reproduction des espèces et se répandent aléatoirement à travers les espèces.

La théorie neutraliste soutient également que, majoritairement, la variabilité au niveau moléculaire au sein de l'espèce qui se traduit par un polymorphisme des protéines, est essentiellement neutre en sorte que la plupart des allèles génétiques polymorphiques sont maintenues dans l'espèce par des apports de mutations et une extinction aléatoire. En d'autres termes la théorie neutraliste considère les polymorphismes des protéines et de l'ADN comme une phase transitoire de l'évolution moléculaire et elle rejette en même temps la notion selon laquelle la majorité de ces polymorphismes seraient adaptatifs et maintenus dans l'espèce par quelque équilibre sélectif.

Le mot « neutraliste » n'est pas utilisé avec son sens littéral strict. L'accent ne porte pas sur la « neutralité » en soi, mais sur la mutation et sa diffusion aléatoire en tant que principaux facteurs explicatifs. Les gènes mutants qui ont leur importance dans l'évolution moléculaire et dans le polymorphisme sont supposés assez neutres pour avoir une chance de jouer un rôle majeur. Tandis que la théorie se développait on a accordé plus d'attention aux contraintes moléculaires sélectives, la sélection agissant indirectement par des voies indirectes (comme dans la relation d'utilisation de l'abondance du codon de l'ARN-t) et une très faible sélection négative s'exerçant sur les gènes conduisant à la fixation. La théorie ne suppose pas alors que la sélection ne joue aucun rôle; cependant elle ne nie pas le rôle de la sélection positive dans une quantité appréciable de changements moléculaires ou que les polymorphismes moléculaires soient causés par un équilibre de forces de sélection.

Une possibilité serait de renommer la théorie, « théorie de la variation par mutation aléatoire », mais le terme de théorie neutraliste est largement utilisé et je pense qu'il n'est pas sage de changer de chevaux au milieu du gué. Je veux que le lecteur se rende compte que « théorie neutraliste » est un raccourci pour « la théorie selon laquelle au niveau moléculaire, les changements évolutifs et les polymorphismes sont principalement dus à des mutations suffisamment neutres à l'égard de la sélection naturelle, que leur comportement et leur sort sont principalement déterminés par mutation et variation aléatoire ». Il faut également que je mette l'accent sur le fait que la théorie ne nie pas la survenue de mutations délétères. Au contraire, les contraintes sélectives imposées par la sélection négative contribuent fortement à l'explication neutraliste de traits importants de l'évolution moléculaire comme je l'expliquerai dans le chapitre 7 de ce livre.

La théorie classique de l'évolution a démontré sans aucun doute que le mécanisme de base de l'évolution adaptative repose sur la sélection naturelle qui agit sur les variations occasionnées par les mutations dans les chromosomes et les gènes. Des considérations telles la taille et la structure de la population, la disponibilité d'opportunités écologiques, un changement d'environnement, des stratégies de cycles de vie, une interaction avec une autre espèce, et dans certaines situations une parenté ou peut-être une sélection de groupe joue un grand rôle dans notre compréhension du phénomène. Ce domaine a été grandement enrichi par la nouvelle compréhension de ce qui se passe à l'échelon moléculaire qui a révélé des contraintes et des possibilités tout à fait nouvelles et inattendues. On doit maintenant examiner comment la séquence primaire d'acides aminés est convertie en une structure tridimensionnelle avec certains acides aminés hydrophiles et d'autres

hydrophobes , certains superficiels et certains enterrés en profondeur , certains étant associés à des fonctions essentielles, certains ne l'étant pas, et d'autres aspects détaillés de notre connaissance sans cesse approfondie des protéines. Il existe des contraintes de l'ADN occasionnées par des pliages et des appariements secondaires des ARN , par le mariage entre l'usage du codon et l'abondance de l'ARN-t et réciproquement et par le rôle de l'ARN en tant que suppresseur des séquences intervenantes. Il y a toute la question de l'évolution du code génétique rendue plus pertinente par la découverte du fait que les mitochondries ont un lexique de codification quelque peu différent. Il existe une nouvelle compréhension de l'évolution chromosomique rendue possible par de nouvelles méthodes de marquage et de coloration. Il y a une probabilité de découverte de nombreux pseudo-gènes – comportant apparemment des analogies avec des gènes connus- qui ont été révélés par des méthodes de clonage et de séquençage rapide de l'ADN. Nous devons examiner l' « ADN égoïste » , les transposons, et d'autres mécanismes classiques par lesquels le génome croît et décroît entaille et le rôle de l' « ADN poubelle ». Ainsi l'étude de l'évolution adaptative demeure le sujet excitant qui dans le chapitre suivant constitue le cœur de ce livre. Dans le chapitre 8, je présenterai une récapitulation assez complète de la théorie stochastique de la génétique des populations et divers modèles conçus pour traiter l'évolution et la variation au niveau moléculaire. Pour la plupart des lecteurs, ce chapitre, particulièrement à partir de la section 8.3, peut être difficile à lire. Ceci est inévitable en raison de la nature complexe du sujet, bien que je me sois efforcé de présenter la matière aussi clairement que possible. Les lecteurs principalement intéressés par les aspects biologiques du sujet (plutôt que par les propriétés mathématiques des divers modèles) peuvent se rendre au chapitre suivant après avoir fini les deux premières sections (sections 8.1 et 8.2). Le chapitre 9 traite du problème : quel est le mécanisme à partir duquel la variabilité génétique est maintenue au niveau moléculaire ? Ce problème a été considéré par certains comme le plus grand problème relatif à la génétique des populations. Ici encore je vais montrer que la théorie neutraliste a non seulement résisté à diverses épreuves mais qu'elle s'est montrée utile pour expliquer différents niveaux d'hétérozygotie dans des contextes variés (tels que l'haploïdie versus la diploïdie, les locus d'enzymes dimériques ou tétramériques etc.) . Récemment la théorie neutraliste s'est renforcée en traitant au niveau moléculaire le problème de la variabilité au sein des espèces et il est tout à fait possible que ce problème ait été résolu pour l'essentiel par la théorie.

Dans le dernier chapitre (chapitre 10) , je vais résumer l'ensemble et je vais faire quelques remarques de conclusion.

Je suis convaincu que la théorie neutraliste , telle qu'expliquée dans ce livre, est juste dans ses détails essentiels , bien qu'elle soit sujette à des améliorations dans le futur comme elle l'a été dans le passé. L'arbitre final est le temps : mais de nouvelles données font jour si rapidement que ce temps pourrait être court.

L'EVOLUTION BIOLOGIQUE ET SES MECANISMES

Collège de France

Mars 2008

Denis.Duboule@zoo.unige.ch

http://www.college-de-france.fr/media/phi_sci/UPL55958_Duboule_mecanismes_evolution_biologique.pdf.

'L'homme n'est parfait en aucune de ses parties; seul l'ensemble fait illusion. Il n'est qu'un compromis, qu'une solution parmi d'autres, à un problème qui n'existe pas'

Bert Camen ('pensées et autres fleurs')

- *Historique
- *Définitions
- *La 'Théorie'
- *La révolution génétique
- *Une génétique moléculaire de l'évolution?
- *Développement et évolution; mariage de raison ou divorce à l'amiable?

MATIERES

Evolution et Développement; des ennemis inséparables

- *L'évolution s'appuie sur le développement
- *Les mécanismes du développement sont le matériel de l'évolution
- *Ces deux disciplines sont donc fortement liées, bien qu'intrinsèquement différentes l'une de l'autre

DEFINITIONS

Biologie du développement:

Etude du développement embryonnaire en utilisant les outils 'classiques', en particulier les outils optiques et l'approche expérimentale (manipulations)

Génétique du développement:

Etude du développement embryonnaire en utilisant les outils de la génétique (sélection et transmission des caractères liés au développement)

Génétique moléculaire du développement:

Etude du développement embryonnaire en utilisant les outils de la génétique moléculaire. Etude des gènes impliqués dans ces processus.

L'origine de la multiplicité et de la diversité des cellules et de leur assemblage en une structure cohérente (organisme)

Question de notre origine biologique en tant qu'individu (ontogenèse)

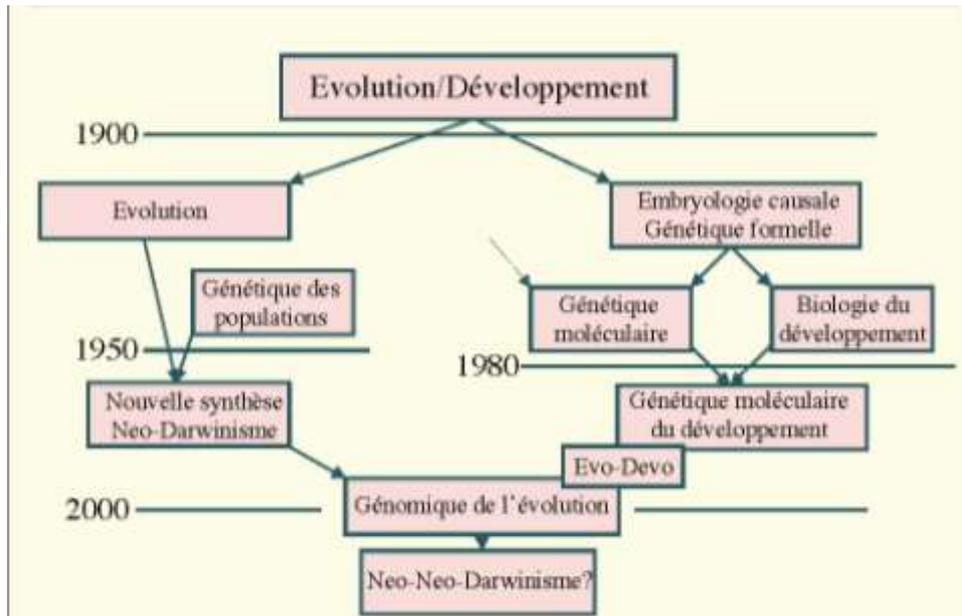
Question fondamentale de l'embryologie:

Question fondamentale de l'évolution:

L'origine de la multiplicité et de la diversité des espèces et de leur assemblage en une structure cohérente (équilibre)

Question de notre origine biologique en tant que groupes d'individus (phylogenèse)

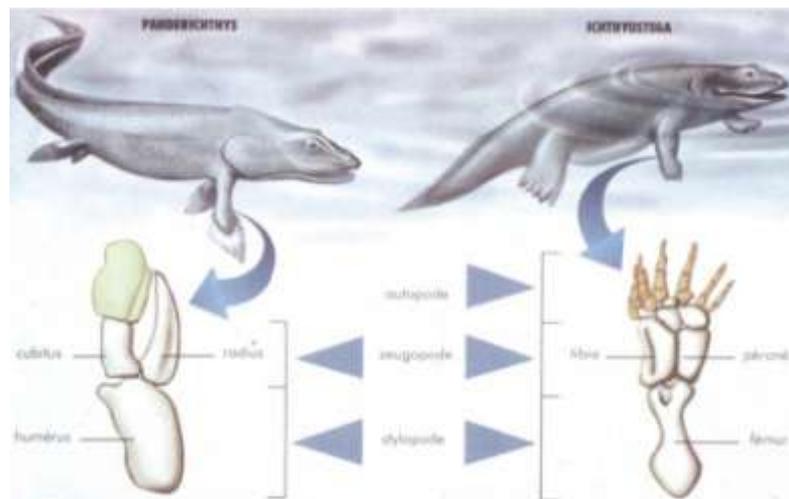
HISTORIQUE



DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION :
La compréhension du mécanisme



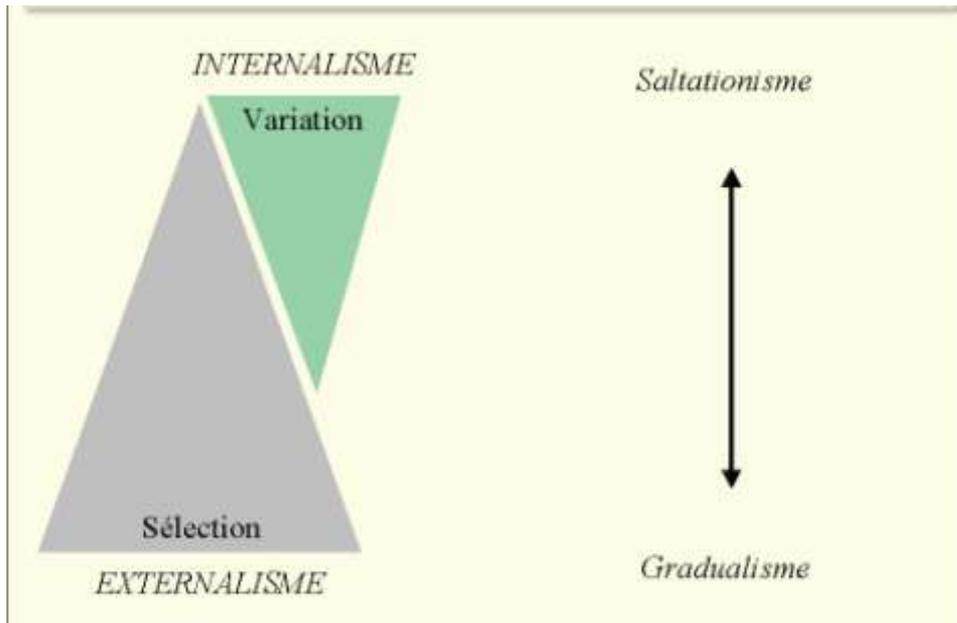
Les variations du mécanisme



5

LA THEORIE

<p>Lamarck (1744-1829) <i>Transformisme</i> Les espèces apparaissent par transformation d'autres espèces, en fonction de besoins particuliers (le cou de la girafe..)</p>	<p>Darwin (1809-1882) <i>Sélection naturelle (1859)</i> <i>(après lecture de Malthus en 1838 - cahiers D et E)</i> Les espèces apparaissent par transformation d'autres espèces, suite à des modifications aléatoires et à leur sélection par l'environnement (seules les girafes ayant un cou...)</p>
<p>Darwin (1 DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION : <i>La compréhension du mécanisme</i> 809-1882) <i>Sélection naturelle (1859)</i> Les organismes sont soumis à des variations aléatoires *<i>Variation (comment?)</i> Les variations les plus adaptées au milieu seront conservées *<i>Sélection (pourquoi?)</i> <i>Le poids de la théorie est sur la sélection, la variation étant aléatoire, donc infinie (externalisme; le temps permet tout)</i> Construction lente et graduelle, chaque partie d'un organisme étant progressivement adaptée aux conditions du milieu, d'où la question presque unique du 'pourquoi' chez les biologistes de l'évolution</p>	<p>Darwin (1809-1882) <i>Sélection naturelle (1859)</i> Nombre infini d'intermédiaires, de 'chaînon manquants' qui ne sont plus représentés aujourd'hui (fossiles?) GRADUALISME PSEUDO-SALTATIONNISME '<i>Equilibres ponctués</i>' Gould et Eldredge (1972) Les espèces intermédiaires sont parfois fugaces car la 'variation/sélection' est très rapide, localisée géographiquement et suivie de longues stases, d'où l'absence' de fossile Darwin (1809-1882) <i>Sélection naturelle (1859)</i> THEORIES INTERNALISTES... Existence de contraintes internes aux systèmes (contraintes métaphysiques ou génétiques..)</p>



LES CONTRAINTES INTERNES

‘..I refer to this philosophical tradition as ‘internalist’. This approach, instead of focusing on the external forces of evolution, emphasizes the role of internal factors. Internalist theories have a long, but minority, tradition in evolutionary biology (e.g. Bergson 1907; ...)

**The logic of monsters: Evidence for internal constraints in Development and Evolution*

Pere Alberch, *Geobios* (1989)

CONTRAINTES PHYSIQUES ET META-PHYSIQUES

Condamnation de l’externalisme’, de l’importance primordiale de l’environnement dans la modification des structures, poussée à l’extrême par une vue orthodoxe du Darwinisme (par exemple celle de Dobzhansky, Mayr..). A cet égard, H. Bergson est un précurseur de l’internalisme, qu’il propose face aux impossibilités du ‘tout-externalisme’ (référence à l’école mériste anglaise - Bateson-, notion de ‘sauts brusques’.. peu avant l’élan vital de 1907).

Cependant, l’école mériste propose un internalisme ‘rationnel’ par opposition à un internalisme ‘vitaliste’, confusion qui règne encore aujourd’hui et dont certains mouvements tirent parti.

LA REVOLUTION TECHNOLOGIQUE

1983 Isoler les ‘gènes du développement’
1985 Caractériser ces gènes
1990 Modifier ces gènes, modifier le développement

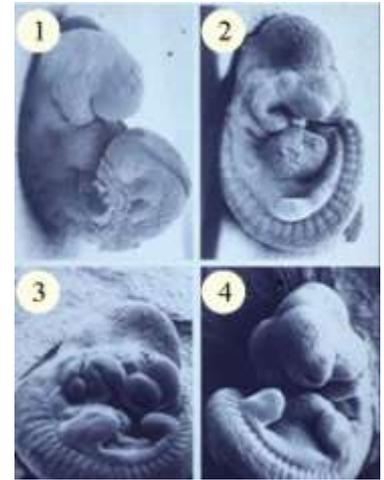
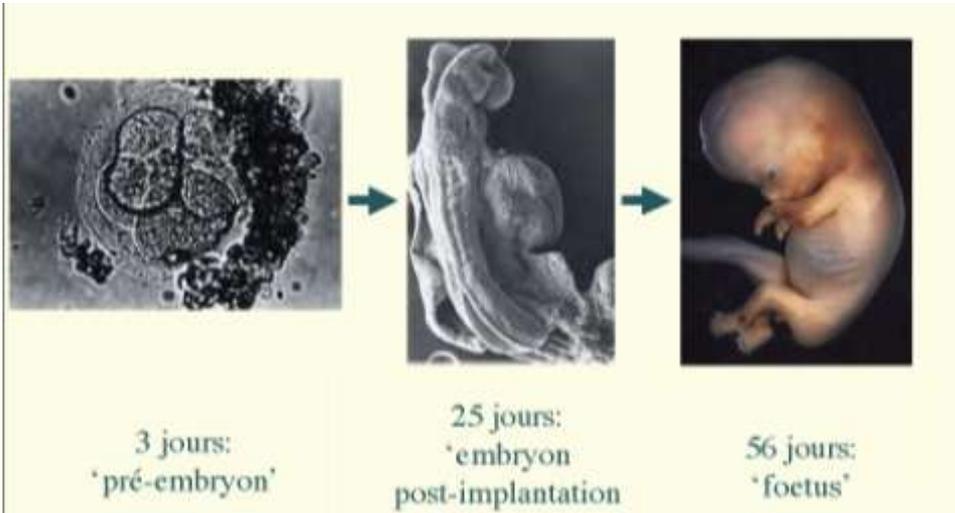
LA REVOLUTION CONCEPTUELLE

1985 Universalité des gènes
1990 Universalité des principes (intra et extra-)
1995 Universalité des génomes -Changement de paradigme

LA CONTRAINTE ONTOGENETIQUE

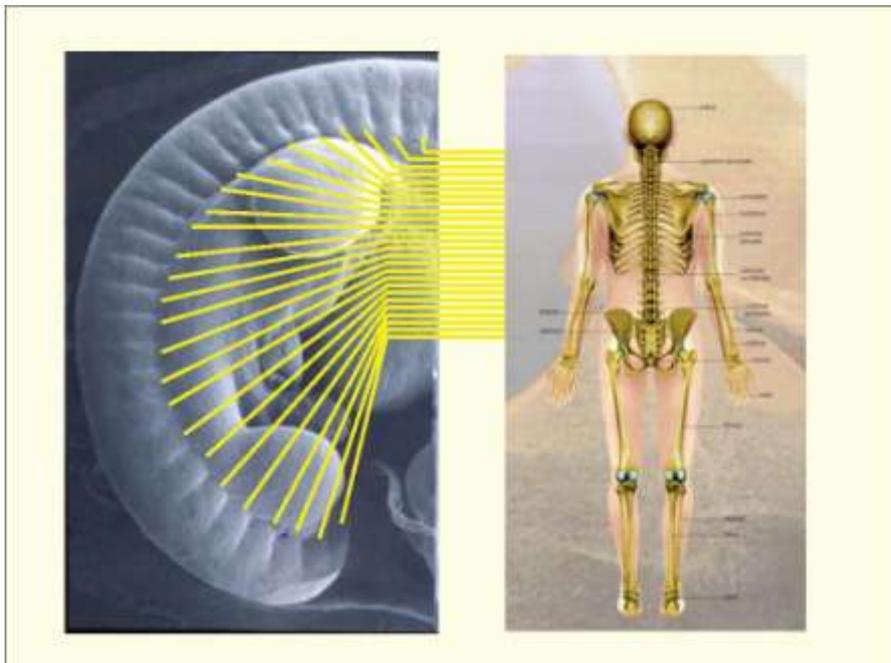
- *Le développement est un processus temporel
- *Chaque étape restreint la flexibilité des étapes suivantes
- *Le système est progressivement 'canalisé' (Waddington)
- Exemple: Les Gènes Architectes HOX

LE DEVELOPPEMENT EST PROGRESSIF (EPIGENESE)

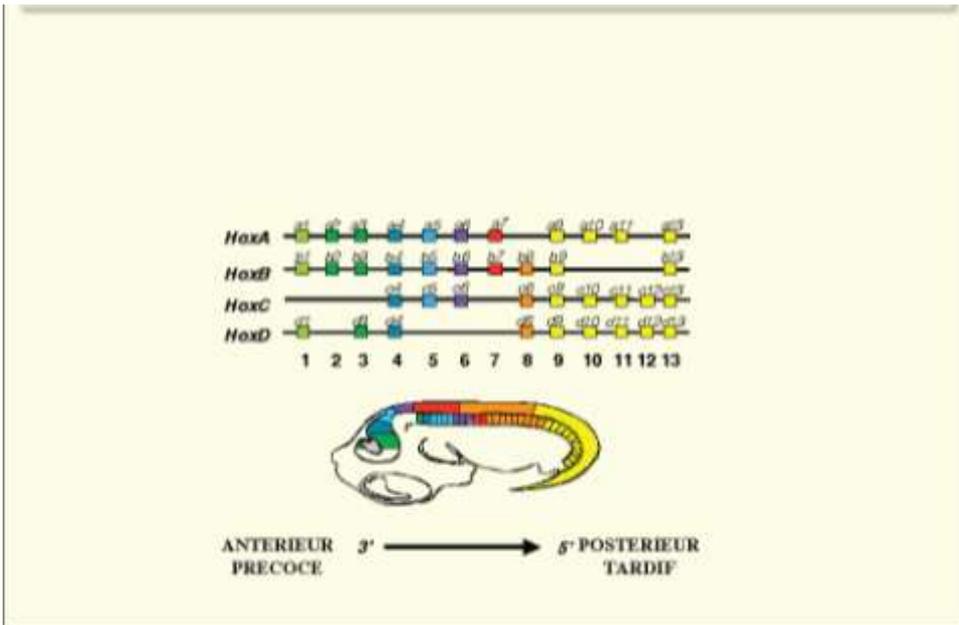


*Le corps se construit

du 'haut' vers le 'bas''



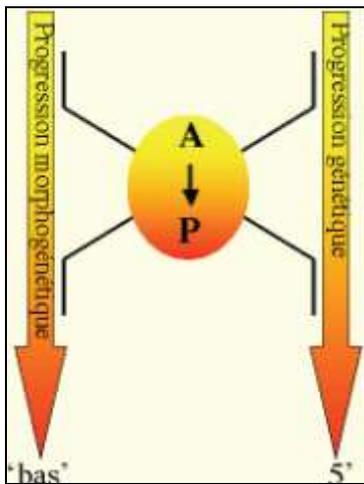
LES GENES ARCHITECTES HOX



LE TEMPS ET L'ESPACE ONTOGENIQUES

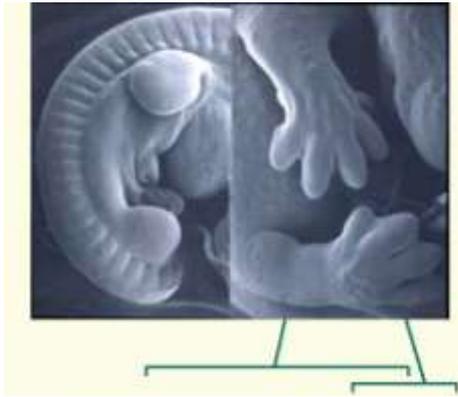
'Tu vois mon fils, ici le temps devient espace..' (Gurnemann in: Parcival, R Wagner)

temps 'haut' 3'

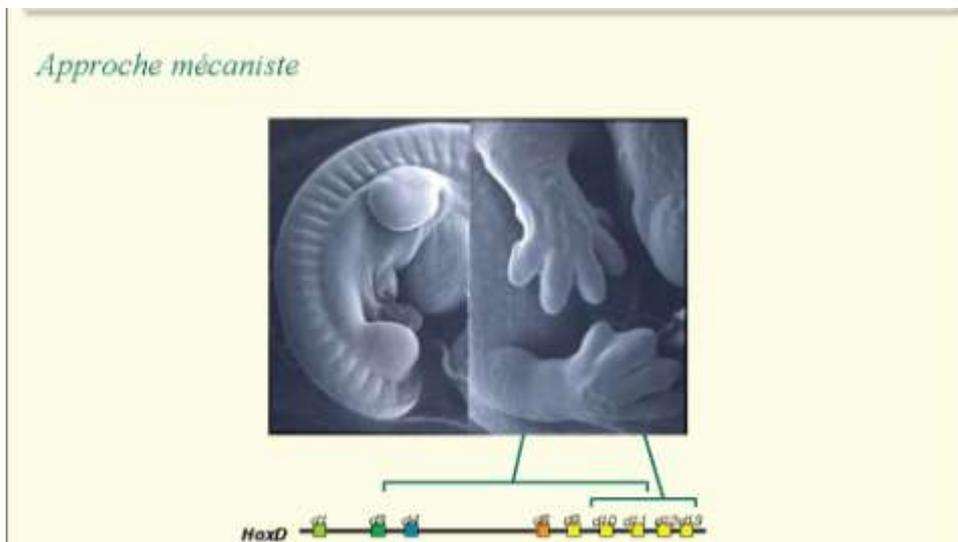
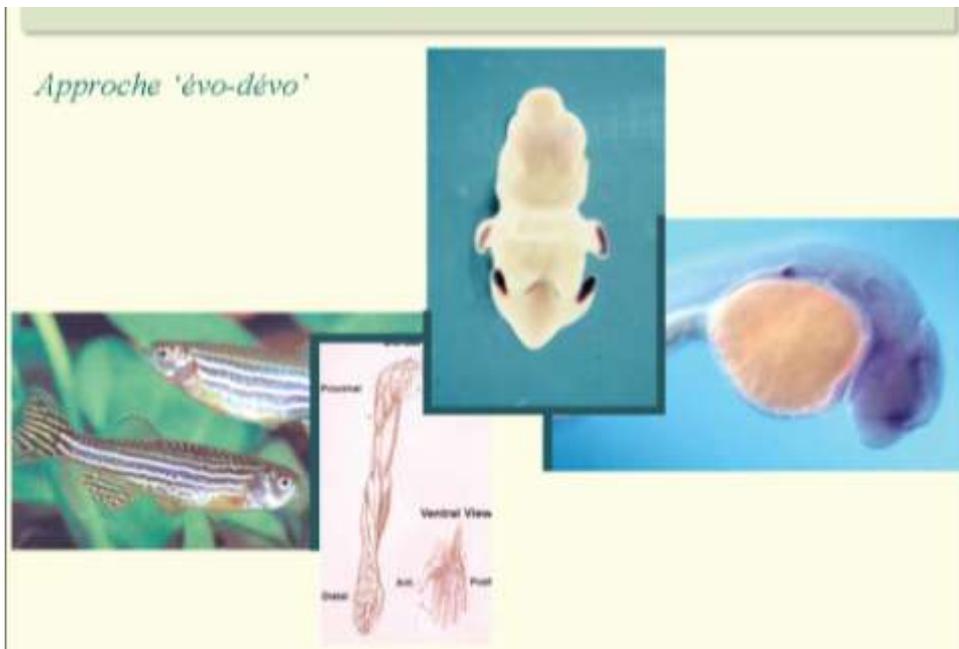


LES GENES Hox

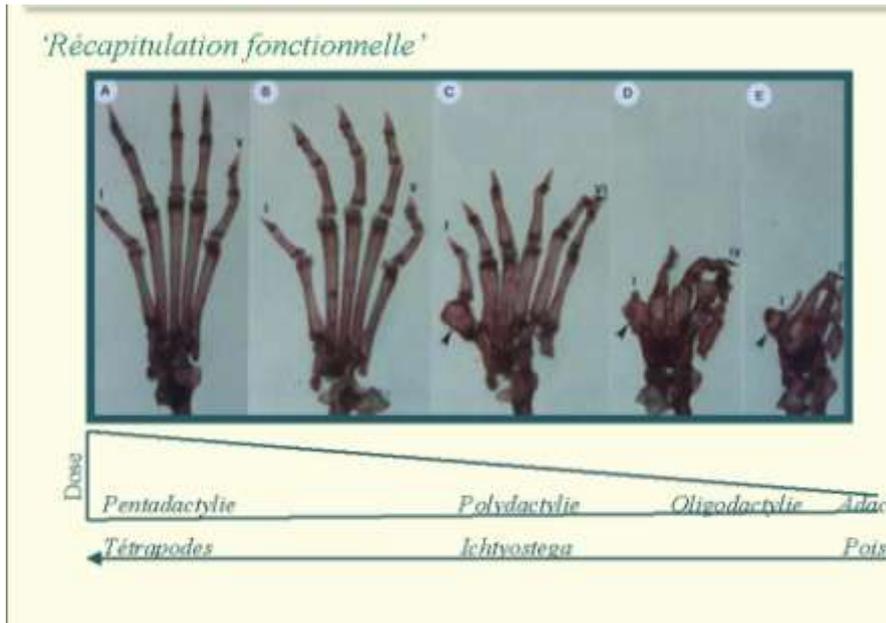
Une source d'innovations ...et de contraintes



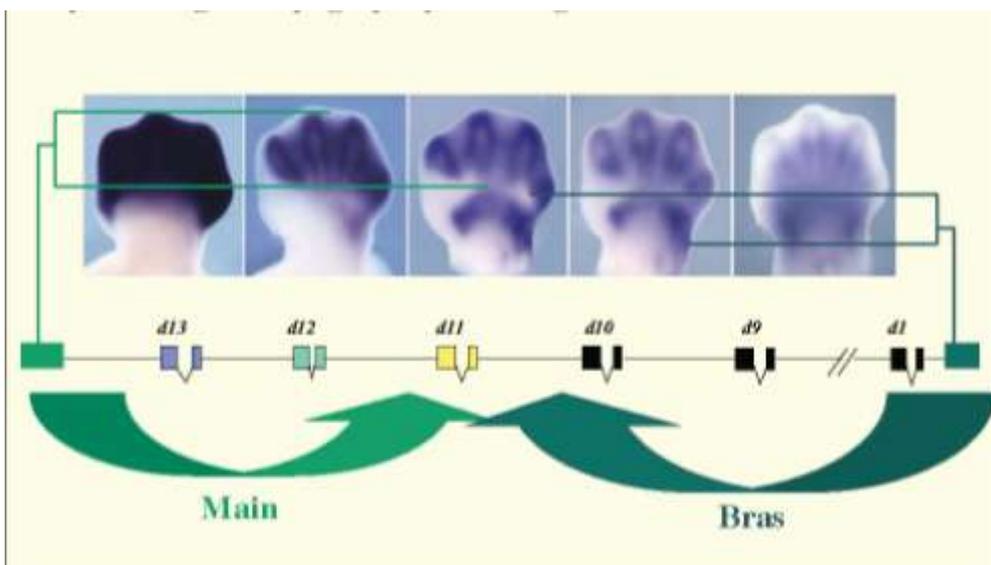
Les Gènes Hox; études centripètes ou centrifuges?



LES GENES Hox; approche mécaniste



LES GENES Hox : Séparation géno-topographique des régulations



LES GENES Hox : Multi-fonctionnalité et pleïotropie



LE GENE REMIS A SA PLACE

Le gène tout puissant, seule source de l'information (déterminisme 'génique', plus que génétique)
 Les chromosomes sont les supports de cette information (ils 'tiennent' les gènes ensemble; ADN poubelle..) mais.. ..les gènes ne représentent que 1% du génome

Codes génomiques:

- *Régulation épigénétique: empreinte parentale..
- *Organisation en meta-gènes
- *la remontée anti-réductionniste (gène, groupe de gènes, chromosome)
- *Du gène égoïste au gène social..

Mouche du vinaigre: ca. 15.000 gènes Humain: ca. 22.000 gènes
--

Est-ce suffisant pour expliquer la différence de complexité?

- *Augmentation des fonctions par gènes
- *Complexification des régulations

UNE THEORIE SOUS CONTRAINTES

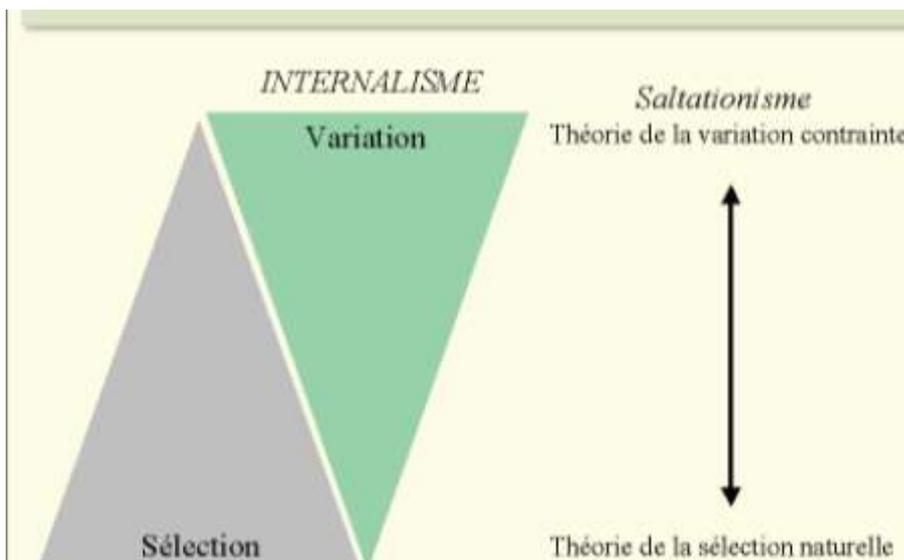
Conservation des génomes (faire plus avec pareil)

Multi-fonctionnalité des gènes

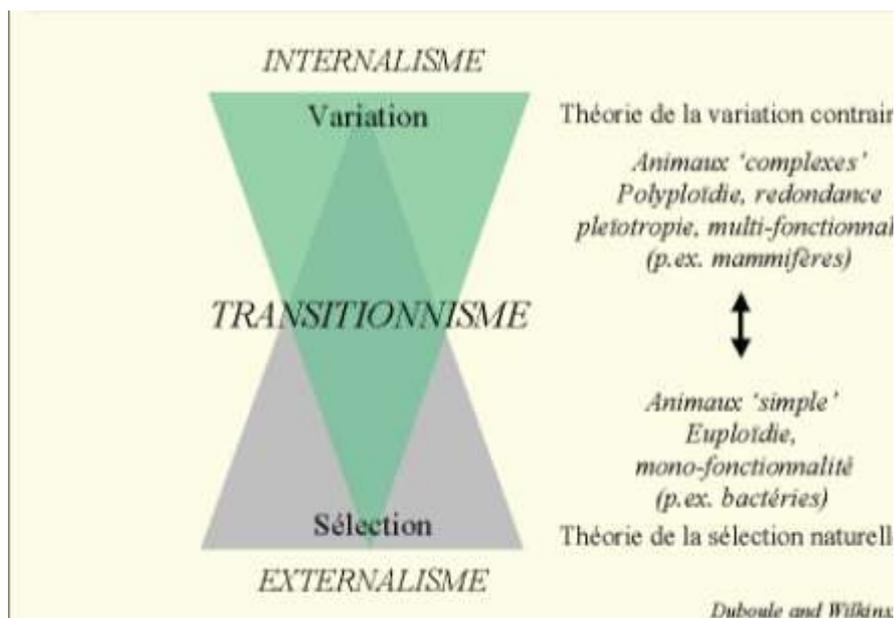
Complexification des protéines, des régulations et de la topographie génomique

Résistance à la variation

Contrainte et stabilité des systèmes complexes



UNE THEORIE SOUS CONTRAINTES



*Transfert de la force motrice de la sélection vers la variation, car seules quelques solutions génétiques sont disponibles

*La variation n'est plus infinie mais dictée par les contraintes internes du système, liées à la multifonctionnalité des gènes et leur mise en réseaux.. ('internalisme' génétique) ...à une théorie de la *variation contrainte*

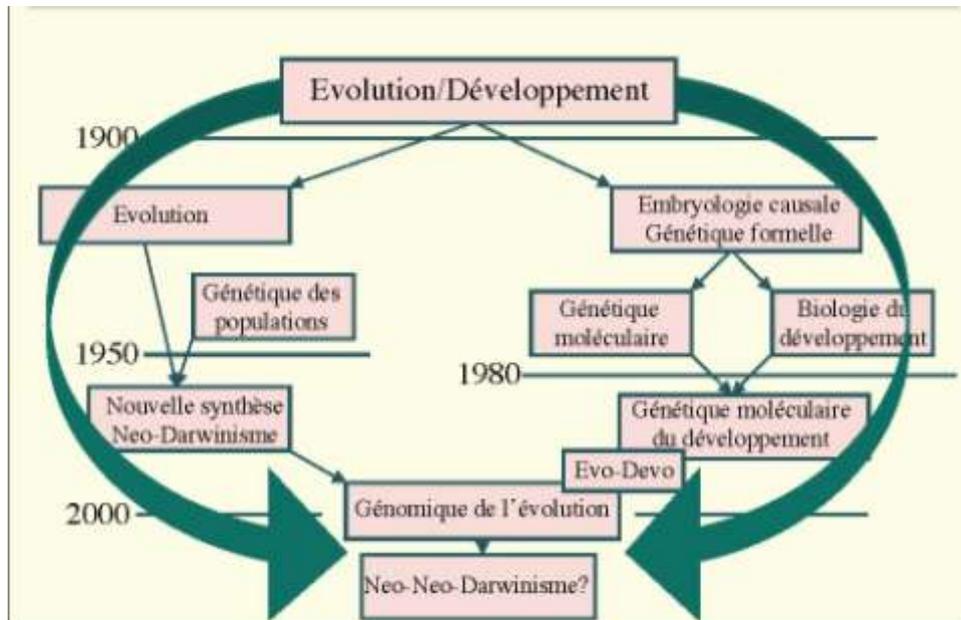
*D'une théorie de la *sélection naturelle*....
 (*Transitionisme*)

UNE THEORIE DE LA VARIATION CONTRAINTE?

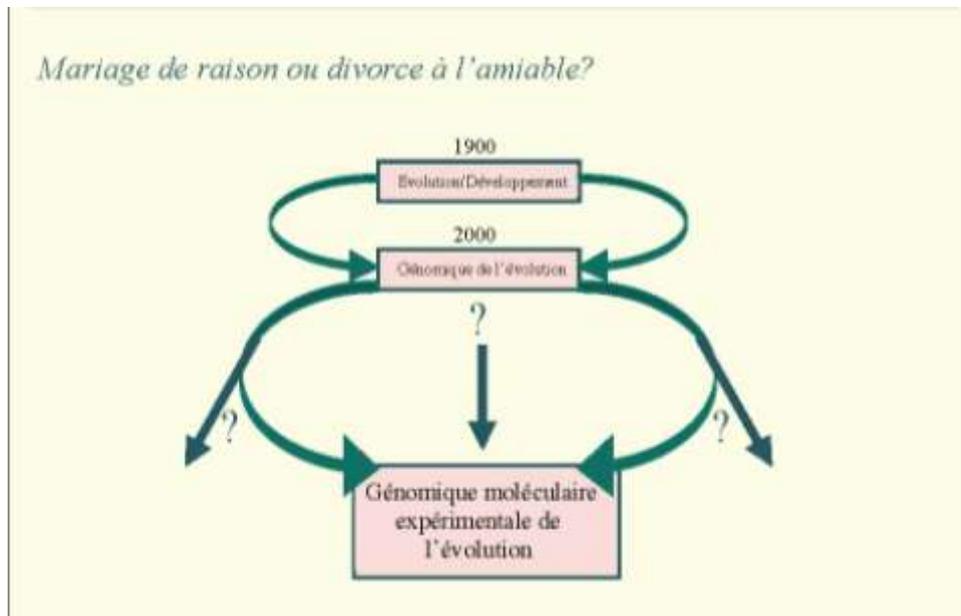
'Plus grande est la différenciation de l'organisme et plus complexe s'avère l'expression de chaque mutation isolée. Cela concerne plus particulièrement les organismes supérieurs (...) et l'effet global de toutes ces mutations, tout en étant polyvalent est aussi intégral.'

Schmalhausen, 1961

La Chute du Mur....



LE FUTUR



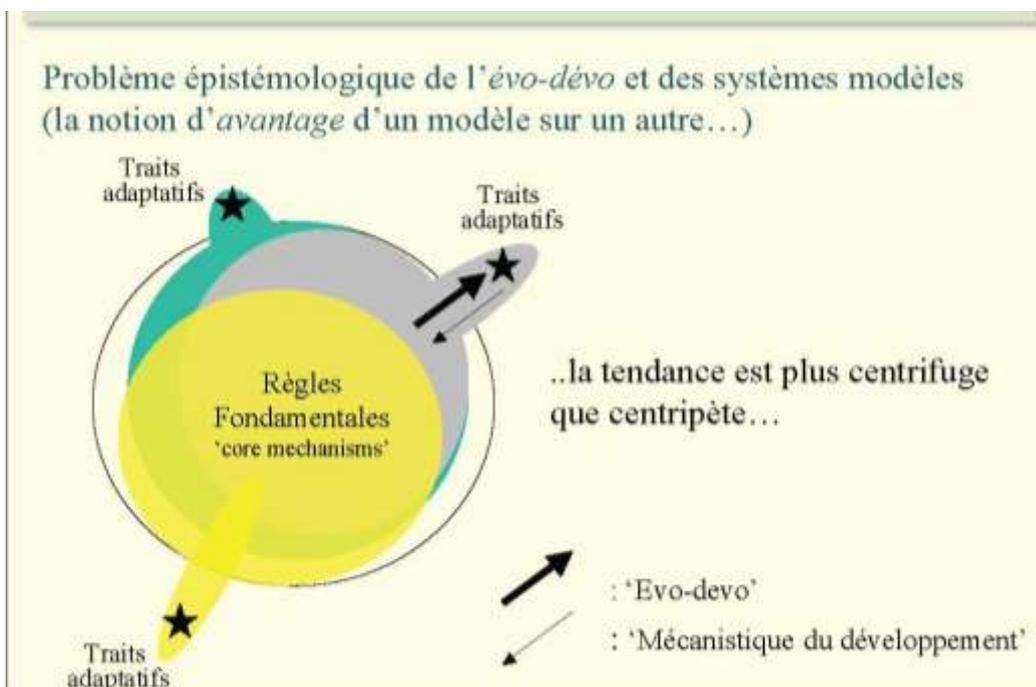
DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION

Des disciplines à la fois très proches et très éloignées l'une de l'autre

*Le développement n'explique pas l'évolution. Il lui donne une base mécanistique(s).

*L'évolution donne des clés pour comprendre le développement, (problème épistémologique de l'évo-dévo et des systèmes modèles)

LES SYSTEMES MODELES.



Problème épistémologique de l'évo-dévo qui est une discipline centrifuge avec un espoir centripète...

*Combien de traits adaptatifs devons nous comprendre pour en percevoir l'origine fondamentale en terme de mécanismes?

*L'étude d'un seul système modèle permet-elle en principe d'en comprendre toute la parenté ? (faut-il étudier l'ensemble des animaux ou alors 'non-choisir' un système particulièrement inadapté à l'expérimentation...)?

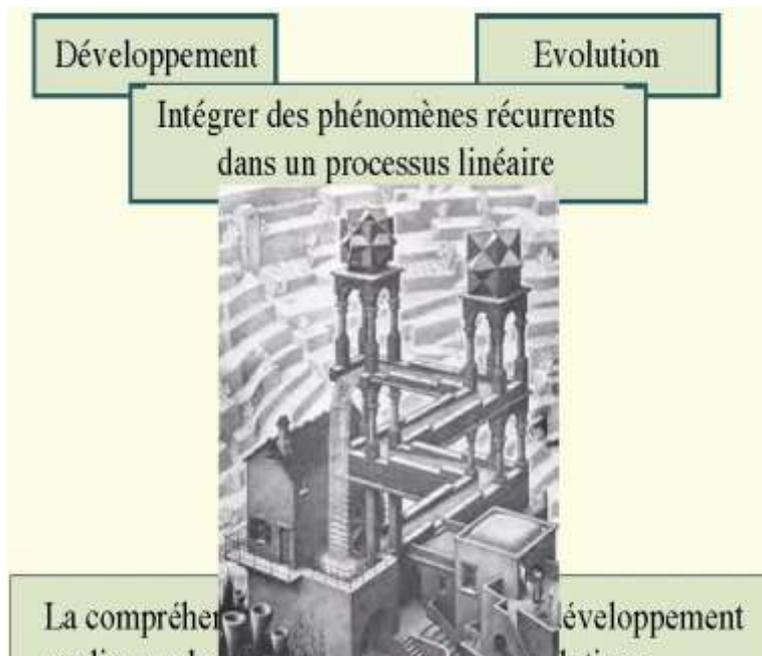
DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION : Des disciplines à la fois très proches et très éloignées l'une de l'autre

*Une approche holistique des génomes est nécessaire (re-séparation des disciplines à la vitesse même des développements de la technologie associée). Méta-génomique, biologie des systèmes.

*Ceci sur le terrain fertile de l'incompatibilité théorique entre ces deux disciplines, qui procèdent de leurs status épistémologiques

Développement	Evolution
*Science basée sur le postulat de la récurrence *Possibilité d'une démonstration (ce qui se passe..) Le 'comment'? *Approche 'prédictive' Résultat à 'atteindre'	'Science' basée sur le postulat de la non-récurrence Possibilité d'une explication (ce qui s'est peut-être passé..) Le 'pourquoi'? Approche rétrospective' Résultat à expliquer

DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION



La compréhension des mécanismes du développement expliquera la nature des contraintes évolutives

DEVELOPPEMENT ET EVOLUTION : (Non)-Remise en cause du 'comment' et du 'pourquoi'

Développement	Evolution
Remise en cause totale du 'comment' depuis 30 ans. 'Esthétique téléonomique' (besoin d'expliquer comment arriver à un but -à une 'solution' - L'entéléchie Aristotélicienne)	(aménagement) du 'pourquoi' impossible 'Esthétique mystique' (besoin d'expliquer comment arriver à un but qui n'existe pas, qui n'a pas d'état de 'complétion')