

Journée de réflexion disciplinaire

Groupe SVT du SNES

Enseigner l'évolution face aux croyances

Mercredi 22 mars 2006

Compte-rendu complet des interventions

**Journée de réflexion disciplinaire SVT du SNES
Enseigner l'évolution face aux croyances.
Mercredi 22 mars 2006**

Introduction, Sylvie Nony
Secteur contenus du SNES

Depuis 1999 le Snes a mis en place des Observatoires des contenus, programmes et pratiques dont le travail est alimenté par la réflexion des groupes disciplinaires du secteur " contenus " et par celle des Observatoires académiques, diversement implantés.

Dans le paysage syndical national et surtout européen, c'est une originalité de notre organisation de vouloir articuler au plus près la réflexion syndicale et celle sur les contenus d'enseignement et les pratiques.

Elle nous permet- nous l'espérons- de ne pas nous situer en permanence en réaction à des projets gouvernementaux mais d'anticiper, de pousser des avancées, d'être des interlocuteurs incontournables des pouvoirs publics. Nous voulons œuvrer ainsi à la lutte contre l'injustice et l'exclusion que représente l'échec scolaire, la recherche des voies de démocratisation du système éducatif.

Les savoirs, les contenus enseignés, ne sont pas neutres. Ils ont un effet sur ce que les élèves deviendront. Ils induisent des représentations du savoir et structurent l'acquisition d'une culture commune. Il est donc très important à nos yeux de rechercher des réponses aux questions suivantes :

- quels sont les fondamentaux de telle ou telle discipline ?
- qui peut et doit les déterminer ?
- comment intégrer les évolutions des disciplines, sans sombrer dans la spécialisation à outrance ?
- à quel âge peut-on/doit-on acquérir telle ou telle notion ?
- comment construire des liens entre les disciplines ?
- comment travailler une notion sur le long terme ? La reprendre à des niveaux ultérieurs sans donner l'impression de toujours redoubler ?

Ces questions doivent être explorées :

- par des personnes expertes ou qualifiées comme telles
- par les enseignants qui appliquent et transforment les programmes prescrits en quelque chose d'enseigné étant entendu que les enseignants ne font pas qu'appliquer : ils inventent, ils recomposent, ils créent du savoir vivant qui devient une contribution à part entière au savoir savant du champ disciplinaire.
- Par les organisations syndicales. Ces dernières doivent se faire entendre pour que la confrontation des différents points de vue ait lieu en permanence.

L'élaboration des programmes est confiée depuis quelques années à de petits groupes d'experts dans lesquels la parole de la profession est trop souvent minorée. Les programmes sont construits à partir d'une lettre de cadrage faite par des spécialistes de toutes les disciplines (CNP) sans expertise collective en amont sur ce qu'il est nécessaire de faire acquérir aux élèves à l'issue de tel ou tel parcours, sans réelle évaluation de la situation existante. Les raisonnements restent disciplinaires avec peu de réflexion transversale sur la culture que doivent acquérir les élèves. Les évolutions des disciplines sont parfois entreprises sans qu'aucun débat préalable n'ait eu lieu sur les choix à accomplir.

Il n'est pas question pour nous de laisser ce qui fait le cœur de l'enseignement, devenir un domaine confisqué par quelques experts désignés et n'ayant souvent que peu de rapport avec les élèves tels qu'ils sont au quotidien dans les classes

Les récentes intrusions du " politique " dans les choix de contenus à enseigner nous confirment qu'il y a là une importante bataille à mener : loi du 23 février 2005 prônant l'enseignement d'une

histoire officielle mettant en avant “ le rôle positif de la colonisation”, ingérence du Ministre de l'Éducation dans les méthodes pédagogiques d'apprentissage de la lecture. Nous venons de prendre conscience en France qu'il n'est pas impossible que des décisions au plus haut niveau soient prises à l'encontre de tous les résultats de la recherche scientifique. Ce qui donne une curieuse actualité au débat qui nous rassemble aujourd'hui. Les dangers ne se cantonnent donc pas outre-atlantique.

Pour que notre organisation syndicale prenne toute sa place dans l'élaboration des contenus d'enseignement il est décisif que des journées comme celle-ci aient lieu, afin que nous puissions apporter la richesse de réflexion de notre profession, et la passer collectivement au crible de nos orientations et de nos choix de société. Le thème choisi s'y prête admirablement : à la croisée des débats politiques et de ceux sur les contenus tels qu'ils se déclinent dans la pratique, il pose de façon magistrale la question de la formation scientifique et de son rôle crucial dans la structuration de la culture commune : quelle articulation entre savoirs scientifiques et épistémologiques, historiques, didactiques et philosophiques ? Nous souhaitons que ce débat se poursuive, bien au-delà de cette journée et qu'il continue d'alimenter, à travers vos contributions individuelles ou collectives, la réflexion syndicale.

Sylvie Nony, secteur contenus du SNES

Introduction à la réflexion, Joël Besnard, groupe SVT-SNES

Un jour de mars 2004, sur la liste de diffusion SVT du SNES, on pouvait lire : “ Lorsque j'enseigne l'évolution, des élèves me disent “ ce n'est pas ce que le prêtre dit ” ”. Lors de portes ouvertes dans un lycée breton, en mars 2006, un père d'élève demande à la jeune stagiaire de SVT qui parlait de l'enseignement “ vous n'enseignez pas d'autres théorie ? ”. La jeune collègue lui répliqua qu'elle enseignait l'évolution basée sur des faits scientifiques.

Cas isolés pourrait-on croire? Ce serait sans compter sur des mouvements bien installés dans notre pays comme certaines églises protestantes (Adventistes du 7e jour) ou comme les Témoins de Jéhovah par exemple. Mais les frontières ne sont guère perméables à ces idées: qu'une ministre de l'Education des Pays Bas, ou que celui de Turquie ne soient pas opposés à d'autres explications qu'à celle de Darwin doit nous faire réfléchir. Et ce n'est pas parce qu'un océan nous sépare des USA que l'on peut estimer qu'il n'y a pas danger en notre demeure. Les chercheurs qu'ils soient de Turquie ou de France ne s'y sont pas trompés quant ils lancent un appel à la vigilance contre le néocréationisme et les intrusions spiritualistes en sciences.

S'il est normal pour des géo-biologistes que nous sommes de s'intéresser à l'argumentation de l'évolution, il est également logique que les syndicalistes que nous sommes s'inquiètent de la confrontation de conceptions opposées, concurrentielles, de l'évolution.

En effet, si notre formation disciplinaire nous permet de répondre à un certain nombre d'interrogations scientifiques, elle nous laisse parfois en difficulté lors de questions qui mêlent réalités observables et explications finalistes, métaphysiques.

Le développement de mouvements religieux affirmant que l'Homme, voir les Etres Vivants, ont été “ créés ” ou “ conçus ” par une Force, un Designer, un Dieu, d'autres Etres (supérieurs) n'est pas nouveau: il est constitutif de la plupart des religions. Mais ce qui peut nous poser problème, c'est leur ténacité face au développement de la recherche scientifique, tout premièrement celle de Darwin. Cette ténacité cache à peine une forme de pensée opposée à celle que nous cherchons à donner à nos élèves.

Mais elle ne cache même plus les conséquences de cette forme de pensée sur la société: un refus de l'évolution, des changements dus au hasard, une fixité de l'espèce est porteur d'une sclérose de la pensée et de la société. Et notre rôle de syndicaliste est de combattre cette sclérose.

C'est pourquoi le groupe SVT du SNES, dans le cadre de l'Observatoire des pratiques et des contenus, a mis en place cette journée de réflexion disciplinaire sur l'enseignement de l'évolution face aux croyances.

Au travers d'exemples, de commentaires, de situations, proposées et analysées par des universitaires dont nous remercions la participation à cette réflexion, nous essaierons de voir quels sont les problèmes qui se posent tant à la théorie néodarwinienne de l'évolution qu'à son enseignement dans l'Education Nationale.

Cette réflexion aboutira peut-être à des pistes pour nous permettre de former encore mieux les jeunes face à ces théories anti évolutionnistes.

Joël Besnard, groupe SVT du SNES

Le passage de la vie aquatique à la vie terrestre: l'exemple des Vertébrés

François J. MEUNIER

(Dép. Milieux et Peuplements Aquatiques, Museum national d'Histoire naturelle)

Aujourd'hui, tous les scientifiques s'accordent sur le fait que la vie est née dans l'eau et qu'elle a une très longue histoire. Les premières traces fossiles d'une activité biologique, issue d'organismes simples, ont 3.800 MA. La compréhension de cette longue histoire et de la diversité actuelle du monde vivant ne peut se placer que dans une perspective évolutive. La diversification des Métazoaires s'effectue il y a au moins 700-600 MA (la faune d'Ediacara en Australie date de 670 MA), au Précambrien supérieur. Au cours du Cambrien (540-500 MA) tous les grands plans d'organisation animale (niveau Embranchement) se différencient (= " explosion cambrienne ") et des chaînes alimentaires complexes se mettent en place. Depuis le cambrien, nous observons de simples variations d'organisation de ces plans.

Au cours du XVIII^{ème} siècle la description de la diversité biologique sur le Globe s'intensifie avec la multiplication des grands voyages circum-terrestres pour la découverte du monde et des " merveilles de la nature ". Ce processus s'amplifie dans la première moitié du XIX^{ème} siècle. Dans la foulée de Linné (inventeur de la nomenclature binominale), les naturalistes nomment, classent, les très nombreuses espèces végétales et animales dans des systèmes hiérarchisés grâce au principe de subordination des caractères. Leurs observations les conduisent à s'interroger sur les relations pouvant exister entre les êtres vivants. Les premières hypothèses sur des relations de parenté sont formulées par Lamarck : les êtres vivants se transforment au cours du temps. Mais le pas décisif est fait par Darwin avec sa Théorie de l'Evolution basée sur la " sélection naturelle ". La puissance explicative de cette hypothèse de " descendance avec modification " explique qu'elle ait été relativement vite adoptée par la communauté scientifique de la fin du XIX^{ème}. La notion de " sélection naturelle retenant le plus apte " posait plus de problèmes car nécessitant une " variabilité des êtres vivants " ¹. Les outils et les résultats de la génétique (acquis bien plus tard) font alors cruellement défaut. Bien entendu, cette notion nouvelle d'évolution des êtres vivants (modification par descendance accompagnée d'un tri sévère) va rencontrer l'opposition du monde religieux, fondamentalement créationniste. Darwin et ses successeurs vont être amenés à répondre aux diverses critiques formulées par les créationnistes. Une partie de ces réponses ne viendra qu'avec les progrès scientifiques des décennies suivantes : embryologie, génétique, biologie cellulaire, biologie moléculaire, enrichissement du référentiel paléontologique,...

Parmi ces critiques, un point extrêmement important concerne la compréhension de l'évolution des systèmes complexes (organes " d'une extrême perfection et complication " selon Darwin) tels que la tête, l'œil, le membre des tétrapodes, les poumons, la transmission physique des sons,... face à la " Providence divine ". Avec les connaissances de son temps, Darwin pense que ces systèmes complexes sont le résultat d'une transformation graduelle impliquant un grand nombre d'étapes intermédiaires. Mais alors, pourquoi ne retrouve-t-on pas toujours ces " intermédiaires " ? Or aujourd'hui, l'approche des relations entre contraintes environnementales et organisation structurale, d'une part, les énormes possibilités de la génétique du développement, d'autre part, permettent d'appliquer les mécanismes darwiniens à la compréhension de l'évolution de ces systèmes complexes. Génétique et embryologie s'associent

¹ Cet historique est très partiel ; il faudrait citer d'autres noms comme E. Geoffroy St-Hilaire pour sa d'finition de l'¥ homologie TM ou encore von Baer, Haeckel, Mendel (g'n"tique formelle), De Vries (mutations),÷

dans une approche scientifique expérimentale des mécanismes évolutifs des grands plans d'organisation des animaux.

Il est clair que le processus de passage d'un mode de vie aquatique à un mode de vie terrestre a, en général, entraîné d'importants changements morpho-anatomiques, physiologiques,... chez les taxons qui ont effectivement franchi ce pas évolutif. La " sortie des eaux " (pour utiliser un cliché courant) s'est, en fait, produite plusieurs fois chez les animaux : Annélides, Mollusques (Gastéropodes), Arthropodes (Arachnides, Insectes, Myriapodes ; chez les Crustacés également), Vertébrés... C'est probablement chez les Vertébrés que ces processus sont les mieux documentés. C'est pourquoi nous nous attarderons sur l'exemple de la transition " Ostéichthyens - Tétrapodes ". Je ne développerai pas ici l'ensemble des connaissances disponibles sur cette question ; je me contenterai de donner quelques généralités sur quatre ensembles morpho-fonctionnels que j'essaierai d'illustrer au mieux lors de l'exposé : les membres, la respiration pulmonaire, la perception des sons, le développement de l'œuf.

Il est clair qu'un organisme adulte, avec ses différents caractères, ne peut pas être transformé directement en un autre. L'étape fondamentale des transformations se situe au niveau du développement où s'effectue la modification ontogénique. Des avancées considérables ont été obtenues grâce à la génétique du développement : important rôle des " lignées cellulaires " et des " substances morphogénétiques " dans la chronologie de la cascade d'évènements conduisant à la réalisation et à la mise en place des organes.

Tout changement dans le champ de l'épigenèse, quelle qu'en soit la cause, peut avoir des conséquences qui s'exprimeront par des modifications sensibles dans le produit phénotypique (cascade d'évènements entre lesquels existe une relation de causalité). Rôle important d'une catégorie spéciale de gènes : les gènes " architectes et régulateurs " fortement impliqués dans la mise en place des systèmes complexes (tête, colonne vertébrale, membres) (premières expériences sur la Drosophile). Il s'agit des gènes homéotiques rassemblés en domaines (= homéoboîtes) à l'origine de l'identification d'un segment, d'un territoire (l'identité des cellules) mais aussi de leur positionnement relatif. Ces gènes ont une position spatiale bien précise sur le chromosome. Ils entrent en fonctionnement dans un ordre précis ; on parle " d'allumage progressif " des gènes. Ces gènes homéotiques sont communs aux vertébrés et aux Arthropodes d'où leur ancienneté (ancêtre commun aux Métazoaires). Les techniques actuelles permettent de visualiser l'expression de ces gènes au cours du développement et, ainsi, de décrire la chronologie de leur mise en route lors de l'ontogenèse de tel ou tel ensemble. Grand développement actuel du modèle " Danio " (Téléostéen, Cyprinidé), véritable " rat de laboratoire " de la génétique du développement des Vertébrés " dits inférieurs ".

La respiration chez les Ostéichthyens est typiquement branchiale qu'il s'agisse de la lignée actinoptérygienne ou de la lignée sarcoptérygienne. Les branchies sont implantées sur les arcs viscéraux 3 à 7. Des spécialisations morpho-anatomiques ont permis de développer une grande surface de l'épithélium respiratoire pour assurer les échanges gazeux. Chez de nombreux téléostéens vivant dans des eaux très pauvres en O₂ (zones tropicales le plus souvent), des systèmes accessoires, d'origines variées selon les taxons, viennent renforcer la respiration branchiale. Chez les Dipneustes actuels, il existe un poumon qui assure, seul, les échanges respiratoires lorsque les animaux qui vivent dans des mares temporaires se retrouvent hors d'eau et enfermés dans un cocon où ils respirent de l'air (intéressantes conséquences anatomiques au niveau de l'appareil circulatoire des branchies et des poumons, parfaitement documentées chez ces animaux).

Le membre chiridien est issu du pterygium des poissons osseux, plus précisément de la lignée Sarcoptérygienne. Celle-ci se caractérise par un appendice à insertion monobasale contrairement aux Actinoptérygiens (insertion pluribasale). Le chiridium est divisé en trois ensembles : stylo-pode, zeugopode et autopode à 5 doigts terminaux. Si les homologues des deux premiers sont rapidement identifiables chez les Sarcoptérygiens actuels et de nombreux fossiles,

l'autopode pose plus de problèmes. La documentation fossile a livré des fossiles d'animaux possédant un plus grand nombre de doigts : sept chez *Acanthostega*. En dernier ressort, les processus évolutifs ont sélectionné un autopode à 5 doigts. La comparaison des nageoires paires des sarcoptérygiens "prététrapodes" fossiles (des adultes) avec celles de *Neoceratodus* (le dipneuste australien) pour l'interprétation du zeugopode (constitué de deux os) reste partielle si on ne l'enrichit pas de l'analyse ontogénique de cette dernière espèce ; chez l'embryon les deux os du zeugopode sont séparés alors qu'ils fusionnent chez l'adulte.

L'émission de sons et la perception de sons sont des phénomènes connus chez divers taxons de Téléostéens actuels. Pour ce qui concerne la perception, on a démontré le rôle d'amplificateur joué par la vessie natatoire (qui intervient par ailleurs dans le contrôle de la flottabilité de l'animal). Chez plusieurs taxons, il existe une liaison anatomique entre celle-ci et l'oreille interne : par exemple les osselets de l'appareil de Weber chez les Ostariophyses (Poissons-Chats, Carpe, Gymnotes,...) ; nous avons ici une belle analogie avec la chaîne d'osselets de l'oreille moyenne des Mammifères. Chez divers coelacanthes fossiles (*Axelrodichthys* du Brésil, par exemple), il existe une poche ventrale aux parois calcifiées, en fait constituées de plaques osseuses séparées. L'une des fonctions de cet organe, homologue du poumon atrophié de *Latimeria*, pouvait être un système d'amplification des sons à côté d'une fonction respiratoire. La perception des sons est une fonction relativement générale chez les ostéichthyens. Le passage à la vie terrestre a entraîné une évolution de cette propriété en incorporant des organes qui ont changé de fonction.

L'articulation temporo-mandibulaire des Mammifères est une néoformation résultant du glissement fonctionnel de l'articulation reptilienne (en fait ostéichthyenne) entre le carré et l'articulaire dans la sphère auditive ; ces deux os viennent ainsi compléter la chaîne des osselets de l'oreille moyenne (avec l'étrier = columelle des reptiles = hyomandibulaire des ostéichthyens) qui assure la transmission des vibrations sonores. Dans ce cas, les paléontologues ont effectivement trouvé des intermédiaires (Cynodontes par exemple = "reptiles mammaliens").

Un autre système complexe concerne l'affranchissement du milieu aquatique pour le **développement embryonnaire de l'œuf**. Autant la fonction respiratoire et le membre chiridien se sont développés sur des Sarcoptérygiens aquatiques avant la "sortie des eaux", autant la question du développement de l'œuf hors du milieu aquatique et de son affranchissement de ce milieu, a été beaucoup plus longue et a fait l'objet de spécialisations variées (cas particulièrement riches des Amphibiens Anoures). Ces derniers ont effectivement développé des stratégies extrêmement diversifiées entre le développement dans des milieux aquatiques "occasionnels" (réserve d'eau naturelle dans une feuille repliée, dans un trou d'arbre à hauteur de la canopée,...) à l'incubation dans des poches tégumentaires voire dans l'estomac. L'étape fondamentale a été la formation d'annexes embryonnaires et notamment de l'amnios en combinaison avec l'accumulation de réserves vitellines et aqueuses le tout protégé dans une enveloppe organique imperméable renforcée ou non de dépôts calcaires. C'est alors seulement que l'affranchissement du milieu aquatique pour le développement de l'œuf est effectif, donc bien après la "sortie des eaux" !

Ainsi, la complexité peut naître de la relation hiérarchisée entre facteurs simples. Le génome est le siège d'interactions qui sont sources d'instructions. Ces instructions produisent des substances messagères qui semblent avoir été conservées au cours de l'évolution. Bien que non prévisible, l'évolution des organismes est soumise à des contraintes qui limitent le domaine du possible. La construction de l'organisme est effectuée par une cascade d'évènements liés par une chaîne causale. La théorie de l'évolution se trouve confortée par la cohérence des faits observés et par leur pouvoir explicatif. Les développements des recherches scientifiques que permettent les nombreuses spécialités de la Biologie *sensu lato*² s'inscrivent dans une volonté d'améliorer cette cohérence.

² J'y inclus la Paléontologie, avec ses diverses spécialités, qui n'est autre que la biologie des animaux disparus.

Bibliographie sommaire (pour le dossier annexe) :

- P. Tort (Direct.), 1998. Dictionnaire du Darwinisme. PUF.
P. Tort. 2005. Darwin et le Darwinisme. Que sais-je ? PUF.
H. Le Guyader (Direct.). 1998. L'évolution. Belin-Pour la Science, 192 p.1996.
Les fossiles témoins de l'évolution. Belin-Pour la Science, 249 p.

Les facteurs de la négation de la théorie de l'évolution

G. Lecointre Professeur au Département de Systématique, Adaptation, Evolution,
Muséum National d'Histoire Naturelle

(Résumé d'intervention à partir de notes)

Il s'agit de parler du périmètre des sciences plus que de biologie.
Les problèmes viennent avant tout d'une ignorance de la façon dont la science fonctionne.

La science, méthode, productions, périmètre

La science comme méthode

Depuis le XVIIIème siècle, on explique la nature à partir des seules ressources de la nature (cf. Diderot). On n'a plus recours au surnaturel, ni à la providence.

➤ La science part du principe de réalisme : il y a un monde en dehors de nous qui ne dépend pas de la perception que nous en avons. Ce réalisme est matérialiste en méthodes : tout ce qui est réellement appréhendable est matière ou propriété de celle-ci.

Il s'agit donc d'un matérialisme méthodologique, à ne pas confondre avec

- le matérialisme vulgaire,
- le matérialisme ontologique (il y a un rapport asymétrique entre la science et la philosophie : les méthodes scientifiques sont agnostiques en matière de métaphysique, libre au philosophe de s'enraciner dans leurs résultats),
- l'idéologie.

Darwin n'est pas plus matérialiste que n'importe quel chimiste ou physicien. Son travail est mis en cause parce que le discours sur les origines est le terrain des religions. Le mouvement politico-théologique américain de " l'intelligent design ", par exemple, voit un lien entre Darwin et Marx, met en équation matérialisme méthodologique et idéologie, et décide pour y remédier de réintroduire la providence dans les explications scientifiques.

➤ La logique organise des tests d'hypothèses

L'universalité de la logique et des réalités matérielles de ce monde conditionne la reproductibilité des expériences.

L'universalité des lois élémentaires de la logique chez l'homme s'explique par la sélection naturelle.

Donc depuis le XVIIIème siècle, la transcendance ne participe plus à la science.

Les productions de la science

- des connaissances objectives : l'assertion est vérifiable par des observateurs indépendants
- des procédés et des applications

Ce que la science ne produit pas : des justifications ou des démonstrations proactives d'une posture morale, d'une politique, d'une métaphysique, de valeurs particulières. La science s'occupe de faits, pas de valeurs. Les valeurs doivent être choisies dans le champ moral et politique, sur des arguments moraux et/ou politiques.

Exemple n° 1 :

Les raisons pour lesquelles il ne faut pas être raciste n'ont rien à voir (ou ne devraient rien à voir) avec ce que la science a à dire à propos de l'existence des races. Les bonnes raisons contre le

racisme sont morales et politiques.

Exemple n°2 :

Le mouvement de l'Intelligent Design voit, dans la parfaite adéquation entre les formes et les fonctions biologiques le signe d'une intervention providentielle (intervention du " designer "). Ce n'est pas nouveau. Mais ce type d'argument a conduit aux Etats-Unis à une demande de législation contre l'utilisation des organes " à contre-emploi ". Plus précisément, il s'agit d'interdire d'utiliser un organe non conformément à ce à quoi le " designer " l'aurait destiné (législation contre l'avortement, contre l'homosexualité...). On en arrive à un scientisme paradoxal, où la loi se voit " biologisée " au nom d'une science providentialiste (qui, de ce fait, n'est pas une science).

Or c'est un abus scientiste : la science moderne n'est pas outillée pour démontrer des postulats idéologiques, moraux, politiques, ou métaphysiques.

Identifier le périmètre des sciences

Pour les spiritualistes appelant le retour des religions dans les sciences, il s'agit fondamentalement de *tout expliquer, par tous les moyens*. Leur attention n'est pas portée sur les méthodes garantes de scientificité, mais sur les lacunes que la science laisse et qu'il faut absolument combler par tous les moyens, même au prix des méthodes scientifiques. En d'autres termes, ils veulent appeler science un type d'investigation qui ne suit pas les méthodes scientifiques qui, rappelons-le, se fondent sur le socle suivant : réalisme, matérialisme méthodologique, logique organisant la reproductibilité des expériences. D'autre part, ils souhaitent que les scientifiques s'énoncent sur les conséquences métaphysiques des résultats de la science. Tout individu est libre, à ses heures, de se vouer à cet exercice. Mais les scientifiques, en tant que corps de métier, ne sont pas au service du spiritualisme.

Pour le scientifique, tout *est potentiellement explicable, selon certains moyens*. La science consciente de ses limites (pas de scientisme naïf) n'est pas omnipotente :

- laisse des trous dans nos connaissances qui, espère-t-on, seront comblés demain
- n'explique pas tout, tout de suite
- ne donne pas sens à la vie
- n'a ni valeur, ni morale comme outil de démonstration ou objet de validation. Attention : cela ne signifie pas que les scientifiques n'ont ni valeur ni morale dans leur organisation sociale. Il ne s'agit pas du même niveau.
- ne prouve pas Dieu.

La science dévoyée

Discours de valeur / discours scientifique

Certaines assertions sont perçues comme un discours de valeur, alors qu'elles sont seulement scientifiques. Or les noms que posent les scientifiques sur les réalités de la nature sont des conventions de langage.

On peut prendre pour exemple les affirmations : l'Homme est un animal, l'Homme est un singe. Si l'on définit un singe par la fusion des os frontaux du crâne (à la différence du chien, par exemple), alors la simple observation de différents crânes permet de ranger l'Homme parmi les singes. " Singe " est un concept phylogénétique fondé sur des observations, pas une insulte.

L'enseignement de Darwin est souvent compris comme un discours de valeur, naïvement ou pour servir des desseins manipulateurs : le mouvement américain de l' " intelligent design " prétend

que 80% des américains pensent que selon la théorie de Darwin la vie d'un homme ne vaut pas plus que celle d'un ver de terre. Et ce serait pour cette raison que 80% des américains se prononceraient en faveur de l'enseignement du " dessein intelligent " dans les écoles. Il s'agit là d'une manipulation. La théorie de Darwin ne dit pas cela. Elle dit que les méthodes par lesquelles la science assigne une place à l'Homme au sein du vivant sont les mêmes que celles avec lesquelles elle assigne une place à un ver de terre. Il s'agit d'un discours purement méthodologique. La théorie de Darwin ne génère pas de discours de valeur.

Ces confusions nous viennent de l'histoire. Il fut une époque où la science était le serviteur de la théologie. Par exemple, le discours de valeur est présent chez Linné : la systématique est là pour rendre compte de la perfection du plan divin. On le voit aussi sur l'Echelle des êtres (1745) chez C. Bonnet : l'Homme, en haut de l'échelle, figure l'espèce parfaite. Cette représentation est très présente dans notre culture.

La systématique post-darwinienne a quelque peu repris l'échelle avec un discours évolutionniste : les sauts adaptatifs sont toujours qualitativement supérieurs (cf. la critique qu'en fait Gould). L'Intelligent Design, lui, fait intervenir la providence comme élément d'explication scientifique du monde afin de retourner à une science au service des valeurs morales de la droite conservatrice américaine.

Les représentations véhiculées par l'enseignement

Si l'on reprend " la sortie des eaux " dont a parlé F. Meunier, en fait de " la ", il faudrait dire " les ". Il y a eu de nombreuses sorties des eaux, et beaucoup de vertébrés tétrapodes y sont retournés. Et les animaux ne sortent pas de l'eau, c'est l'eau qui se retire. Il y a des oscillations permanentes de changements de milieux. L'image d'une sortie des eaux unique n'est pas conforme aux faits : c'est une métaphore malheureuse qui traduit les restes de scalisme et d'anthropocentrisme.

Les choix sémantiques

Le problème des groupes privatifs est double : il est cognitif et biologique. Il vient des façons de nommer " le reste du monde " : certains objets sont définis seulement par rapport à d'autres.

- Lamarck, Linné emploient des concepts fondés sur l'absence de caractère : **invertébré**, **agnathe**... Mais qu'a-t-on appris de l'Escargot une fois que l'on a dit, par le concept d' " invertébré ", qu'il n'a pas de vertèbre ?
- certains termes ne sont définis que par le devenir de leur contenu : **procaryotes**, **prosimiens**...
- d'autres domaines de la connaissance ont le même problème : arts premiers, world music (Mozart pour un chinois !), province, extraterrestre...

Or le socle d'une bonne science a besoin de descriptions valides : il s'agit de forger des concepts qui parlent des objets pour eux-mêmes, pas pour ce qu'ils ne sont pas ou ce à quoi ils vont donner naissance.

Evolution ?

Le terme revêt différentes significations selon les interlocuteurs :

- l'évolution est le processus par lequel les espèces se transforment au cours du temps, pour le scientifique.
- pour le scientifique, l'évolution est aussi la théorie générale de la biologie.
- pour les enfants : déroulement historique des formes de vie à la surface du globe, scénario, grand récit.
- Pour le public, le mot " évolution " évoque souvent un arbre qui établit les relations d'apparement. Cet arbre ne montre qu'une distribution d'attributs, avec relations temporelles relatives. Ce n'est pas un scénario évolutif.

- Pour le public, l'évolution est aussi la marche vers le progrès (cf. Gould qui a critiqué cette confusion chez les scientifiques eux-mêmes). On retrouve la confusion avec un discours de valeur.

Il convient de savoir de " quelle évolution " parle notre interlocuteur, afin de bien se comprendre.

La science instrumentalisée

Ce sont des entorses au scepticisme initial : lorsque la vérité est déjà écrite

- pour des raisons mercantiles (exemple : l'action de l'ADN sur les rides vantées par certains fabricants de cosmétiques alors que rien n'est prouvé),
- par idéologie (le nazisme et la science aryenne, Lyssenko, sa génétique " sur mesure " et la science prolétarienne),
- par le fait religieux, quand il s'agit de prouver scientifiquement un texte sacré (créationnisme dur ou bien sophistiqué).

Dans tous ces cas, la réponse préexiste à la question ; c'est donc d'une apparence de science dont il s'agit.

L'ignorance de la structure de la preuve

Certains font la confusion entre les propriétés de nos outils d'inférence et celles des objets analysés : " la nature est rationnelle, donc Dieu existe " (Cardinal Poupard). Or la rationalité est propriété de l'observateur, pas de l'objet observé.

De même, d'autres pensent que l'utilisation du principe de parcimonie en évolution impliquerait que l'évolution ait été parcimonieuse.

La parcimonie n'est pas une propriété du monde que l'on regarde mais un outil de notre rationalité.

C'est un principe de cohérence rationnelle.

Le principe de parcimonie est par exemple utilisé lors des enquêtes policières. Le commissaire infère le scénario du meurtre en utilisant le principe d'économie d'hypothèses à partir des indices. Ce n'est pas pour autant que le meurtrier a tiré le moins de coups de feu possible, ouvert le moins de portes possibles, etc. Je procède de même quand je cherche mon porte-monnaie : d'abord au plus simple, pas besoin d'imaginer un extraterrestre.

Dans tous ces cas, l'inférence parcimonieuse part d'un état du monde (les indices, les caractères) pour inférer les conditions du passé.

Un motif courant évoqué contre la théorie darwinienne de l'évolution est qu'elle ne serait " qu'une " théorie.

Il ne faut pas opposer faits et théorie. En science, il y a une interaction constante entre les deux. La théorie donne sens aux faits, les rend cohérents. Les faits nourrissent la théorie.

Une théorie sans fait est une fantaisie.

Des faits sans théorie ne sont que chaos.

C'est sa cohérence interne qui fait que telle ou telle théorie finit par l'emporter.

Prenons l'exemple de la tectonique des plaques et du fixisme.

Théorie de la tectonique des plaques : des données diverses (géologiques, géographiques, sédimentologiques, paléomagnétiques, paléontologiques) convergent pour soutenir que l'Afrique et l'Amérique du Sud étaient réunies au Trias (Gondwana).

Théorie fixiste : les continents avaient au Trias la même position que celle d'aujourd'hui.

Fait : des fossiles datés du Trias sont les mêmes en Afrique et en Amérique du sud. Ces fossiles sont ceux d'animaux et de plantes anatomiquement incapables de traverser l'océan atlantique. Interprétation de la théorie fixiste : il y avait à cette époque des " ponts " terrestres entre les

deux continents. Il s'agit d'une hypothèse " ad hoc " (faite pour) qui n'a jamais pu être confirmée.

Interprétation de la théorie de la tectonique des plaques : ces faunes et flores fossiles sont les mêmes, elles étaient jadis réunies et n'en faisaient qu'une.

La cohérence et le principe de parcimonie amènent à préférer la théorie de la tectonique des plaques. Il y a plus d'hypothèses ad hoc (gratuites) dans la théorie fixiste que dans l'autre. En sciences, nous préférons les théories les plus légères en hypothèses.

Les rejets sophistiqués de la science

➤ le relativisme

Il s'agit de l'hypertrophie des contraintes externes et de la négation des contraintes logiques de la science. Les contraintes logiques passent pour des mythes, parce que tel ou tel scientifique, équipe, institution commettraient des entorses à ces contraintes logiques. Cela revient à récuser des lois parce que les gens commettent des entorses à ces lois. La découverte scientifique est réduite à des contingences historiques et des conventions sociales. Deux assertions logiquement contraires peuvent être vraies en même temps pourvu qu'on les considère dans leur référentiel culturel propre.

➤ l'humanisme dévoyé

Il y a confusion entre valeurs et rationalité.

La science est récusée, accusée de tous les malheurs de la société. On lui reproche d'être déshumanisante.

- L'universalité prétendue de la science ne serait que restes d'un colonialisme occidental (pour le complexe post-colonial, voir A. Sokal).
- Il faudrait réintroduire la religion dans la science pour la moraliser (Université Interdisciplinaire de Paris).

Or, d'une part il peut exister une morale en dehors de la religion, d'autre part la science n'est qu'un " moteur ". Au citoyen de s'emparer du volant. Confondre la morale ou le politique (champ des valeurs) et les méthodes scientifiques c'est vouloir faire jouer au moteur le rôle du volant.

Discussion : autour de la classe de 6^{ème}

C. Orange

A quelle question l'affirmation " l'Homme est in singe " répond-elle ?

G. Lecointre

Dans le cours de sciences, cette question doit être une question de faits, pas une question de valeurs. Les faits sont établis sur des observations. Il y a un enjeu pédagogique : il faut renouer les concepts et l'observation. Le concept de singe est relié au fait que les deux os frontaux sont fusionnés en un seul frontal. Le mot que l'on met sur quelque chose a rapport avec des attributs observés sur ces choses. Il suffira d'observer les frontaux d'une petite collection de primates (souvent sur des moulages de crânes) et de non primates (chien, chat...).

On met ensemble ceux qui ont des attributs communs, mais ce classement est arbitraire. On veut simplement qu'une classification remplisse efficacement le cahier des charges qui lui a été arbitrairement fixé. Dans une cuisine, on attend du concept " fruits de mer " une certaine homogénéité gustative qui fera qu'on ne choisira pas n'importe quel vin pour déguster avec. Dans un laboratoire qui se propose de faire de la classification biologique scientifiquement, le cahier des charges est celui de l'appareillement : on fait un concept avec un ensemble d'objets

(d'espèces) parce qu'on pense que leurs attributs communs sont des signes d'apparement. Les frontaux fusionnés sont le signe de l'apparement de tous les singes entre eux, homme compris. Le nom ("singe" ou "simiiforme") n'est qu'une convention de langage posée sur le concept phylogénétique. Mais en 6^{ème}, on n'a pas de théorie pour comprendre les faits, qui n'est pas au programme. Alors on en reste aux ensembles emboîtés sans parler de la théorie de l'évolution sous-jacente.

En 6^{ème}, l'objectif est de dissocier la clé de détermination de la classification. Pour ce qui concerne la classification, le cahier des charges du chercheur est la phylogénie : on classe par apparement. Dans la classe : on peut éventuellement faire émerger la théorie de la réflexion sur la classification.

D. Orange

La science se dégage-t-elle des valeurs ou en a-t-elle d'autres ?

G. Lecointre

La science dans ses démonstrations n'incorpore pas de valeurs, ni n'a pour objectif de justifier des valeurs. La société des scientifiques, elle, a des valeurs : par exemple, la validation d'un écrit ne passe pas par une autorité mais par un examen effectué par les pairs. Par ailleurs, les scientifiques en tant que citoyens doivent faire jouer le champ des valeurs pour décider ce à quoi ils veulent que leur science serve.

EVOLUTION ET CREATIONNISME

Guy RUMELHARD, professeur de SVT, chercheur à l'INRP

- **Les offensives successives des créationnistes** sous R. Reagan, G. Bush père, puis à nouveau G.W. Bush fils peuvent sembler très exotiques et liées à cet étonnant couplage entre science, religion, économie et politique aux États Unis. La laïcité très française nous protégerait de cette confusion, de cette intrusion de la religion dans la science. En fait ces offensives successives méritent attention car les arguments échangés lors des procès, les faux pas des défenseurs, les impasses théoriques, les distorsions, le dogmatisme de certains darwiniens, le positivisme d'autres nous questionnent sur notre conception de la scientificité de notre enseignement. De plus, malgré notre formation d'enseignant, nous ne sommes jamais certains de ne pas "*trahir Darwin sur l'essentiel*"³. Trahir la conception actuelle bien entendu, et *a fortiori* les conceptions historiques successives.

[Donnons immédiatement un exemple. Il suffit parfois d'un seul mot : si je parle de "Pinnipèdes" je confonds analogie et homologie. Si je parle de "prosimiens" (pro comme dans programme = avant, donc en allant vers) j'implique l'idée d'une "lignée" et d'une "finalité" comme Mme Dambricourt, et le RP. Teilhard de Chardin sj. !].

Le livre de Dominique Lecourt⁴ et des conférences plus récentes donnent les principaux points en discussion. Nous en retiendrons ci-dessous quelques uns qui concernent l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre.

- **Mais on peut aussi élargir la question** et examiner comment ont fonctionné toutes les tentatives pour *bâtir de toutes pièces une science d'un type nouveau*.
 - citons la *science prolétarienne* inventée et imposée par les autorités soviétiques, (Lyssenko, Lépéchinakiaïa), opposable à une *science bourgeoise* et qui ne s'est interrompue qu'en 1966 (cf. le livre de Dominique Lecourt).
 - citons la *science "aryenne"* opposable à la "*science juive*" décrétée par les idéologues du parti national-socialiste, (je cite dans ma thèse un livre allemand de 1941).

Disons immédiatement qu'elles n'ont abouti à la production *d'aucune connaissance nouvelle*. Le créationnisme non plus.

Je voudrais examiner trois questions :

- la recherche délicate de critère de scientificité,
- la fausse opposition entre faits et théories qu'il faudrait transformer en liaison étroite
- le refus du concept d'obstacle épistémologique.

Avec plus de temps on pourrait également analyser les diverses formes de cryptodogmatisme dans l'enseignement, la survalorisation de l'expérimental au laboratoire et sur le terrain comme seule source de connaissances scientifiques, les ravages de l'esprit naturaliste, et de l'inductivisme en pédagogie.

³ On trouvera une analyse des difficultés de compréhension des principaux concepts de l'évolution dans Fortin Corinne (1992) *L'évolution, du mot aux concepts* Thèse de Didactique Université Paris 7 ; (1994) Du bon usage des conceptions en biologie de l'évolution in Giordan A. *Conceptions et connaissances* Bern : Peter Lang p. 157-170 ; (2000) Classification et évolution. *Biologie-Géologie* (APBG) n°3 p. 525-537.

⁴ Lecourt Dominique (1992) *L'Amérique entre la Bible et Darwin*. Paris : PUF

1. Critères de scientificité

Pour se démarquer du créationnisme (et de toutes les pseudo sciences) une première direction d'argumentation (contestable) consiste à tenter de définir un ou plusieurs “ critères de scientificité ”.

1.1. Critère de réfutation

Pour définir ce qui est scientifique et le distinguer de ce qui est dogmatique il est tentant de rechercher plusieurs critères de scientificité et si possible un seul qui permette de trancher devant une sorte de *tribunal épistémologique*. La critique principale que l'on peut formuler à l'encontre de ce type de travail réside dans le fait de chercher à définir des critères *a priori* donc de manière non historique, *extérieure* et *antérieure* au travail d'un savant donné, appliqué à un objet naturel donné, et qui soient applicables de manière éternelle et universelle à toutes les sciences physique, chimique, biologique, géologique actuelles et à venir, permettant ainsi d'exclure les pseudo sciences.

Tel qu'il est compris ordinairement, le *critère de la réfutation* énoncé par Sir Karl Popper (le mot falsifiability a été initialement mal traduit par falsification) constitue un bon exemple de ce type de critère de scientificité. K. Popper⁵ a raison de souligner, mais il n'est pas le premier ni le seul à le faire, qu'une théorie ne saurait être tenue pour scientifique si elle ne s'expose pas au risque d'être réfutée par une épreuve expérimentale singulière déductible de ses propres prémisses. Mais ce critère ne saurait s'appliquer comme critère unique, absolu, imparable, à n'importe quelle étape du travail des scientifiques. Appliqué aux sciences humaines et à la psychanalyse, ce critère produit une coupure nette. Appliqué à la théorie et aux hypothèses sur les mécanismes de l'évolution il conduisait à l'époque et conduit encore actuellement à la rejeter comme non scientifique. Contre la volonté de K. Popper les créationnistes s'empareront de ce critère.

Yvette Conry⁶ (1981 p.163) fait remarquer que si ce critère est séduisant, il est paradoxal. Il énonce comme règle irréfutable (!) que l'on doit pouvoir réfuter. (La proposition “ tout est relatif ” se présente comme un absolu). D'une manière plus large, tout critère de ce type qui peut s'énoncer avant même que le scientifique commence à travailler ignore le temps, le lieu et les circonstances. Étant hors du temps et de l'espace il est en quelque sorte *métaphysique* (en dehors du réel). On peut bien évidemment le conserver comme critère opératoire possible parmi d'autres à un moment donné du travail scientifique, dans un contexte précis. Une proposition scientifique *peut* être réfutable, mais elle ne l'est pas *nécessairement*, en tous les cas pas immédiatement au moment dès son énoncé. La pensée scientifique élabore elle-même et légitime ses types de rationalité.

Un deuxième aspect contestable de ce critère consiste à privilégier, sinon à survaloriser l'activité expérimentale au laboratoire et sur le terrain selon les normes de la physique. Nous le développerons plus loin, mais on peut immédiatement noter qu'il faut supposer le caractère répétable du contrôle expérimental. Si les conditions initiales de l'expérience sont reproduites exactement, l'expérience se déroulera de la même façon. Or, si l'évolution du monde vivant est une histoire contingente, elle se déroule dans un temps très long et irréversible. Si l'on pouvait reconstituer expérimentalement les conditions initiales de l'origine de la vie sur Terre, les étapes ne seraient pas les mêmes. On ne peut qu'en faire le récit après avoir reconstitué patiemment les étapes à l'aide des archives

⁵ POPPER, Karl, (1973). *La logique de la découverte scientifique*. (trad).

⁶ CONRY, Yvette, (1981). Organisme et organisation : de Darwin à la génétique des populations. *Revue de synthèse*. Juillet -Décembre pp. 291- 330.

paléontologiques. Bien évidemment on peut espérer répéter tel ou tel mécanisme partiel de mutation, de dérive génétique ou de sélection dans des conditions contrôlées. Nous reviendrons sur cette survalorisation de “ l'expérience au laboratoire ” comme critère absolu de vérité.

Ceci étant dit l'une des hypothèses de Darwin, ce qu'il nomme *l'hypothèse de sélection naturelle* est testable. Nous y reviendrons.

1.2. Critère dynamique et heuristique

Cette police épistémologique qui prétend intervenir *a priori* est plus profondément remise en cause par la *dimension dynamique et heuristique* du travail scientifique. On ne peut pas apprécier la scientificité d'un travail avant même son commencement, ni même ses premiers résultats. Galilée par exemple est conscient du fait que son travail est *ouvert* sur un *développement* qui apportera une confirmation de ses thèses, en particulier une confirmation expérimentale. Celle-ci attendra 150 ans le pendule de Foucault par exemple et d'autres expériences. Cavaillès, historien des mathématiques, montre que les mathématiques ont un contenu de connaissances, parfois effectif, parfois *en attente*, dans lequel est déposé, momentanément leur progrès. Cette idée de *concept en attente* est reprise par G. Canguilhem qui précisera par exemple que l'immunologie est un concept en attente dans les travaux de Pasteur. Il faut apprécier la *capacité de progrès et d'intégration*, contenue dans un concept nouveau, l'efficacité d'un développement du savoir, l'ouverture d'un champ de recherche. *C'est l'avenir d'une découverte qui juge son passé*. En 1865 Mendel a trouvé que la transmission de certains caractères du Pois se fait selon des proportions constantes. A l'époque c'est anecdotique. *A posteriori* on comprend qu'il a *ouvert un champ indéfini de travaux* s'appuyant sur une méthode expérimentale rigoureuse faisant appel à une conception probabiliste du vivant. Le modèle aléatoire de l'urne de Bernoulli est au cœur de l'explication. Mais depuis le début du XX^{ème} siècle la confirmation ou la réfutation de ses résultats se font désormais "au risque 5%" de conclure à tort. La confirmation et la réfutation ne sont pas absolues. Elle est *ouverte* aussi sur des rectifications qui la complètent ou la complexifient sans la remettre en cause totalement. Et ceci ne s'apprécie qu' *a posteriori*. On ne peut donc pas juger *a priori* de la scientificité d'un concept nouveau. Ce critère heuristique contredit l'idée même de critère, c'est à dire de rangement définitif dans des catégories cloisonnées intangibles.

Pour revenir à *l'hypothèse de sélection naturelle*, le livre de Darwin (1859) “ *l'origine des espèces* ” ne fournit aucune preuve directe d'un quelconque cas de sélection naturelle. *Il n'a pas été possible de construire de manière satisfaisante une telle preuve (expérimentale) directe avant la fin des années 1940 avec les travaux de Teissier et L'Héritier et leurs cages à population, soit près d'un siècle après (J. Gayon UTLIS p.109)*. Citons aussi les travaux de Ketelwell (1958) sur *Biston betularia*.

Leur diffusion a lieu en France dans *La Revue Rose illustrée* en 1941, dans le livre de Rostand (1965) *La Pléiade*, les cours de Claudine Petit à l'Université de Paris et son livre (1967), le livre de E.B. Ford de *Génétique écologique* (1971) traduit en français en 1972.

Un exercice proposé au bac à Paris en Juin 1973 a entraîné les protestations de l'I.G.

Henri Boué. Ces expériences entrent actuellement en 2006 dans le programme de 6^{ème}. Cette possibilité de soumettre à l'épreuve expérimentale constitue son premier niveau tardif de justification, mais ce n'est pas le seul.

Un second niveau de justification réside dans la capacité de progrès par la coordination et l'intégration de découvertes non préméditées, l'autodépassement de la théorie, la contagion d'efficacité quand une solution se propose aussi comme modèle ou comme outil d'analyse dans d'autres domaines (anti corps monoclonaux, mutations par exemple). Voilà des propriétés du travail scientifique qu'il faut rechercher.

Ainsi l'hypothèse de sélection naturelle, et c'est son second niveau de justification, a un

pouvoir explicatif et unificateur, car elle explique plusieurs classes de faits indépendants, tels que la succession géologique des êtres organiques, leur distribution dans les temps passés et présents, leurs affinités mutuelles et leur homologies. (J. Gayon UTLS p.108). Darwin utilise alors le terme de théorie " car elle explique de grandes classes de faits indépendants ".

Bien évidemment les critères d'objectivation par la pratique de mesures, d'observations comparatives, d'expérimentations, de recherche d'explications causales, de modélisation sont à analyser comme critères possibles. Aucun de ces critères n'est isolable comme étant absolu et unique.

[Cette idée essentielle de mise ou remise en mouvement, de relance du travail, cette insistance non pas sur l'état à un moment donné, mais sur la dynamique du travail rejoint profondément :

- *le travail du philosophe* qui consiste à ouvrir, ou réouvrir les problèmes supposés clos et résolus.
- Elle rejoint également *le travail du psychanalyste*. Françoise Dolto explique son travail par trois métaphores, celles du scalpel, de l'aiguille, et du ressort. Le scalpel pour séparer ce qui est fusionné ou confondu, l'aiguille pour rassembler, recoudre ce qui a été séparé, et surtout le ressort pour relancer la dynamique de la personne fixée, figée hors du temps.
- On pourrait aussi noter que *le travail du pédagogue* n'est pas de décrire et évaluer un état à un moment donné, ce qui risque toujours de catégoriser et de figer mais de relancer en permanence la dynamique de travail de l'élève empêchée par de nombreux obstacles].

2. Relier étroitement faits et théories, et ne pas les opposer

L'affirmation que l'évolution est un fait d'observation, ou même, actuellement, un fait provoqué expérimentalement est fréquente chez certains scientifiques. Aux biologistes qui tiennent la théorie de l'évolution pour partie intégrante de leurs recherches scientifiques, les créationnistes objectent "*ce n'est pas un fait*". Stephen Jay Gould qui témoigne par ailleurs d'un flair philosophique aigu, tombe dans le piège lorsqu'il leur *oppose* une réponse qui se situe exactement sur le même terrain. : "*C'est un fait et non une simple théorie*". Car c'est bien l'*opposition* de ces deux termes qui embrouille tout. Le couple fait / théorie conçu comme une *alternative* engage la pensée dans une impasse (D. Lecourt p.117).

Ernst Mayr fera de même : "*le biologiste moderne possède tellement de preuves de l'évolution qu'il la considère comme un fait aussi certain que la révolution de la Terre autour du Soleil*". Et il continue en utilisant de manière surprenante le terme de "révolution philosophique" : "*la révolution philosophique apportée par Darwin est assurée sur ses bases, plus solidement que jamais*". Un biologiste aussi éminent que Pierre Paul Grassé dira que le darwinisme ainsi conçu devient une manière de "*religion universitaire*" et constitue aussi un dogmatisme.

A force de présenter l'évolution comme un fait, et de jouer à son propos du vocabulaire de la "loi", les biologistes darwiniens ont plus d'une fois favorisé une dérive extrême de la pensée biologique vers *un dogmatisme scientifique* qui a fait le lit du créationnisme à la fin des années soixante-dix (D. Lecourt p. 124).

Précisons les relations de ces deux termes pour mieux comprendre le débat. La question centrale est celle de leur *mise en relation* et non pas de leur *opposition*, ou plus largement la mise en relation d'une réflexion théorique (hypothèses, modèles, idées, concepts etc.), et d'observations empiriques ou provoquées expérimentalement.

Le mot théorie pris isolément, prend ordinairement le sens de spéculation gratuite non fondée. Ce mot se teinte parfois "à droite" d'un anti intellectuelisme. "*Tout cela c'est de la théorie, soyons pragmatiques*". Mais le mépris positiviste le lui rend bien en trouvant un appui chez Claude Bernard lu de manière partielle sinon partielle. Les mots clés deviennent : "*Je m'en tiens aux faits, je me laisse guider par les faits, je ne fais pas d'hypothèse a priori*". Les faits qui s'appuient sur l'**évidence du visible** sont irréfutables (merci Karl Popper !), incontestables. Il n'y a pas à en discuter. **Voilà le dogmatisme.**

Assez curieusement *les manuels scolaires* s'engagent dans ce chapitre, à faire œuvre d'épistémologie avec beaucoup de maladresse, ce qu'ils ne font pas dans d'autres chapitres, se contentant d'énoncer les faits et d'expliquer les mécanismes. On dira "maladie microbienne", alors qu'il serait plus prudent de dire "théorie microbienne" de certaines maladies, au sens où de nombreux co-facteurs interviennent dans le déclenchement d'une infection. Les manuels scolaires ont de nombreuses phrases ambiguës : "*les faits actuels qui suggèrent l'idée d'évolution*". On retrouve l'idée d'une *induction* à partir des faits, énoncée officiellement dans la circulaire du 17 Octobre 1968. (L'objectif épistémologique entre pour la première fois dans notre enseignement avec cette circulaire, mais il propose une épistémologie officielle !)

On pourrait, pour se convaincre de l'insignifiance d'un fait isolé de tout concept, de l'insuffisance de l'inductivisme, multiplier les exemples.

- Revenons en quelques mots sur l'inductivisme. La vaccination *suggère*... une représentation sociale en attaque / défense qui est contredite par les concepts de Soi et non soi (mauvaise traduction de self, not self).

- Autre phrase : "*Les documents paléontologiques confirment la réalité de l'évolution*". Oui bien sûr, sous réserve d'admettre, les datations, le concept de fossile, les filiations accompagnées de modifications dans la descendance, etc....

- Les stylets de la patte du cheval et le pouce du Panda (titre du livre de S.J. Gould) sont des faits... sans signification. Par contre l'existence de stylets devient "moteur de recherche" d'un animal fossile à trois doigts à condition d'admettre comme précédemment les principes de datations, l'existence de fossiles, l'existence d'une filiation entre fossiles accompagnée de modifications, etc.

- Darwin observe les Pinsons des îles Galápagos, mais il y faut encore des concepts : celui de milieu, celui d'adaptation, de variation, de descendance avec modifications, etc. Les mêmes pièces osseuses constituent les membres de certains Vertébrés, mais il y faut aussi des concepts : ceux d'analogie et d'homologie, et celui de plan d'organisation pour qu'ils "éclairent" l'idée d'évolution. C'est plutôt l'idée d'évolution qui induit la recherche de ces observations et les "éclaire". Bref, l'existence de faits "bruts" (le brutisme selon le mot d'un enseignant de SVT !) qui emportent la conviction par eux mêmes, qui imposent une idée est largement contestable.

Si la preuve résulte de l'*évidence* au sens très français hérité de Descartes, c'est à dire au sens de voir (attention, le mot evidence en anglais signifie plutôt preuve), on sera tenté de dire que les faits se lisent **directement**, sans interprétation en faisant référence à la phrase célèbre de Newton : *je ne fais pas d'hypothèse*. Dans cette optique les faits sont indiscutables, irréfutables, indépendants de toute théorie, se suffisent à eux mêmes, et **induisent un nouveau dogmatisme**. Dire que l'évolution est un fait c'est tenter d'utiliser ce caractère indubitable attaché au fait d'observation pour **imposer une conviction** sans discussion.

Montrons, sur un dernier exemple en quoi *un concept est fécond* et vise à *accroître les connaissances*. L'observation non préméditée de l'apparition d'un Hêtre rouge dans une forêt au XVIIIème siècle peut induire (induction) le **mot de mutation** au sens empirique de modification brusque, sans cause apparente, immédiatement héréditaire. Le véritable

concept de mutation n'est pas descriptif. Mais les concepts de la génétique moléculaire invitent à provoquer expérimentalement l'apparition de mutations non viables, non héréditaires, non visibles phénotypiquement. L'observation empirique s'arrête et attend, *la théorie est motrice*. Le concept de mutation désigne beaucoup plus qu'une observation empirique. Il change totalement de sens et surtout de fonction. Il devient même, par la suite, outil d'analyse en permettant des mutations *knock out* par exemple.

Le créationnisme décrit ou raconte et attend. Il est stérile. Il cherche à imiter la science, mais n'a pas de visée d'extension, d'intégration, de coordination des connaissances. En se présentant seulement comme une théorie *il ne rencontre pas la réalité*. Il se travestit en science mais avec *une autre finalité*. Redisons le, il cherche essentiellement à introduire dans l'enseignement le discours de la religion qui est le soutien du pouvoir politique et économique en contournant les interdits du premier amendement aux États Unis d'Amérique du Nord et ceux de la laïcité en France.

3. Le positivisme des enseignants refuse l'idée même d'obstacle

Beaucoup d'enseignants pensent *qu'une séparation inaugurale* permet d'affirmer qu'il n'y a pas de philosophie, d'idéologie, de fantasme, dans la science, donc pas d'obstacle au progrès et à l'assimilation des connaissances (en dehors des capacités cognitives insuffisantes d'un individu). Chez les scientifiques et les enseignants qui croient à cette séparation totale, entre science et religion, ou pensée commune, philosophie, politique, *en amont et en aval* du travail du savant, on peut noter un refus total et à tout le moins une résistance très forte à l'idée d'obstacle à la découverte et à l'assimilation des connaissances scientifiques, lancée et illustrée par Gaston Bachelard à partir de 1938.

Nous en avons donné plusieurs exemples de ce refus total dans ASTER n° 24, 1997. Ainsi le chimiste ne prend pas en compte l'alchimie, l'astronome ne prend pas en compte l'astrologie.

- Karl Marx (1857) qui a lancé le concept d'idéologie, précise que la science ne fait pas partie des idéologies. Il prend l'exemple de la foudre. Elle ne manifeste pas la colère de Dieu, et le paratonnerre prouve qu'il s'agit d'un phénomène électrique. Il n'y a rien d'autre à dire pour faire reculer l'obscurantisme.
- A une enseignante égyptienne, qui me dit " c'est Dieu qui donne les garçons ", il suffit d'expliquer le concept d'équiprobabilité de la répartition de X et Y,

Cette idée d'obstacle est **niée sous couvert d'être acceptée** et utilisée en pédagogie. Il est dans sa nature d'être niée. Elle est distordue, réduite, *chosifiée* en " représentation ", ou *positivée* en " conception " (André Giordan), chez ceux là même qui en font la promotion.

En fait, selon Dominique Lecourt, la pensée scientifique engage le tout de la pensée. C'est le sens profond de l'idée *d'obstacle* largement développée par G. Canguilhem à partir de 1943 pour la biologie et la médecine. Mais la prise en compte de l'idée d'obstacle nécessite une grande culture.

Je ne développerai qu'un seul exemple (longuement développé dans mon article APBG n°2 1995 p. 333 - 345.) désigné par le mot métamorphose. Ce mot pointe un obstacle. [Les autres seront développés par Corinne Fortin]. Métamorphose a un sens biologique et désigne certaines étapes du développement embryonnaire. Il est également utilisé dans la littérature fantastique, dans les contes de fées, dans les mythes, mais on peut postuler que ces deux significations n'ont rien à voir, qu'ici aussi il y a une coupure nette. En fait G. Bachelard en 1938, puis G. Canguilhem (article Vie Encycl. Universalis) ont expliqué que l'idée de métamorphose est l'indice le plus sûr de la surdétermination de l'objet biologique. Surdétermination signifie que tel objet ou tel comportement sert de substitut à

un grand nombre d'objets ou d'actes interdits.

L'obstacle n'est pas ici lié au concept embryologique de métamorphose mais au transformisme. Le préfixe latin " trans " correspond au préfixe grec " méta ", et morphe = forme. Dans ses rêves de métamorphose l'homme s'identifie à toutes les possibilités, à toutes les libertés supposées de transformation qui lui sont en fait interdites dans la réalité matérielle ou sociale. Si tout est possible dans tous les sens possibles, il n'y a pas de règle. Autrement dit le premier concept à établir avant de parler d'un transformisme qui obéit à certaines règles, c'est celui de la permanence, de la constance des espèces animales. Il y a trop de transformation, trop aisément admises. Les obstacles sont toujours doubles, entre trop et trop peu.

Deux remarques encore pour terminer :

- Mais si l'on parle de " lumière " et " d'obscurité " donc d'obscurantisme il faut encore préciser que les tenants du créationnisme ne sont pas des obscurantistes incultes, mais parfois des scientifiques ou plutôt des *ingénieurs ou des médecins* qui adhèrent à l'aspect *opératoire et efficace* de la science tout en adhérant également à cette métaphysique. C'est le paradoxe apparent de la coexistence chez un même individu d'un *couple théologico-technique*. Mais si l'on y regarde bien l'enseignement des SVT véhicule lui même, dans son enseignement, une *représentation d'ingénieur ou de médecin et non pas de savant*. On privilégie un savoir utile et non pas un savoir vrai, c'est à dire ayant un statut de vérité, précisons encore " *de vérité normée par la possibilité de sa propre rectification* ".
- Le travail sur les obstacles est très difficile car les obstacles à l'assimilation des connaissances sont analysés par *les média et la publicité* mais afin de les utiliser pour attirer les consommateurs et vendre plus efficacement. (cf. mon article sur équilibre). La *muséologie* et la vulgarisation sont également prises dans cette contradiction majeure et indépassable. Cf. les discours de Yves Coppens. Faire du spectacle, de l'émotion, du fusionnel, du lien, dresser un tableau, mettre en scène, ramener toute compréhension à une image que l'on voit. L'enseignement lui même est de plus en plus prisonnier des processus médiatiques. Il risque de renforcer les obstacles au lieu d'aider à les surmonter.

LA METAPHORE DE LA PARENTÉ EST-ELLE UN OBSTACLE A L'IDÉE D'ÉVOLUTION ?

Corinne Fortin , professeure de SVT, chercheuse à l'INRP

La démonstration pédagogique de l'évolution est fondée sur la mise en évidence de liens de parenté entre les espèces. Néanmoins, ce concept de "parenté évolutive" ne se comprend, en réalité, que si l'on renonce à la métaphore, familière et complexe, de la parenté généalogique.

En effet, cette dernière exprime des relations de filiation par "consanguinité" ou hérédité, tandis que la "parenté évolutive" fait référence au paradigme darwinien de "*La descendance avec modification*", c'est-à-dire à la formation de nouvelles espèces à partir d'une espèce-souche.

Parenté familiale et "parenté évolutive" relèvent donc de deux registres de pensée, et de deux contextes explicatifs différents. Ne pas les distinguer peut nourrir l'incompréhension, voire une opposition radicale à l'égard de la biologie de l'évolution.

Deux variantes de la métaphore seront ici analysées comme obstacles épistémologiques :

- La conception dyadique de la "parenté évolutive",
- La conception généalogique de l'ancêtre commun.

1- LA CONCEPTION DYADIQUE DE LA PARENTE EVOLUTIVE

Dans le langage commun, la parenté évoque souvent une descendance à partir d'un père et d'une mère biologiques. Or, l'évolution, comme phylogénie des espèces a l'apparence d'une "généalogie", mais d'une généalogie sans parents. À savoir, qu'il n'existe pas une espèce "père" et une espèce "mère" donnant naissance à de nouvelles espèces.

Transposée à la parenté évolutive, cette représentation dyadique, avec un équivalent maternel et paternel, conduit certains élèves à penser l'évolution en termes d'hybridation interspécifique en empruntant des images à la mythologie (ex : du Centaure) ou à la science-fiction (ex : de la reproduction entre humains et "alien").

Historiquement, cette approche a été une avancée, dans la mesure où, elle a ébranlé la doctrine de la fixité des espèces. Dès lors, la formation de nouvelles espèces pouvait s'expliquer par hybridation de deux espèces "parents".

Ainsi, Charles Bonnet estimait qu'on ne pouvait exclure la fécondité des hybrides interspécifiques⁷ et Paul Broca soutenait sa conception polygéniste⁸ du genre humain en s'appuyant sur la soi-disant interfécondité entre lapin et le lièvre⁹.

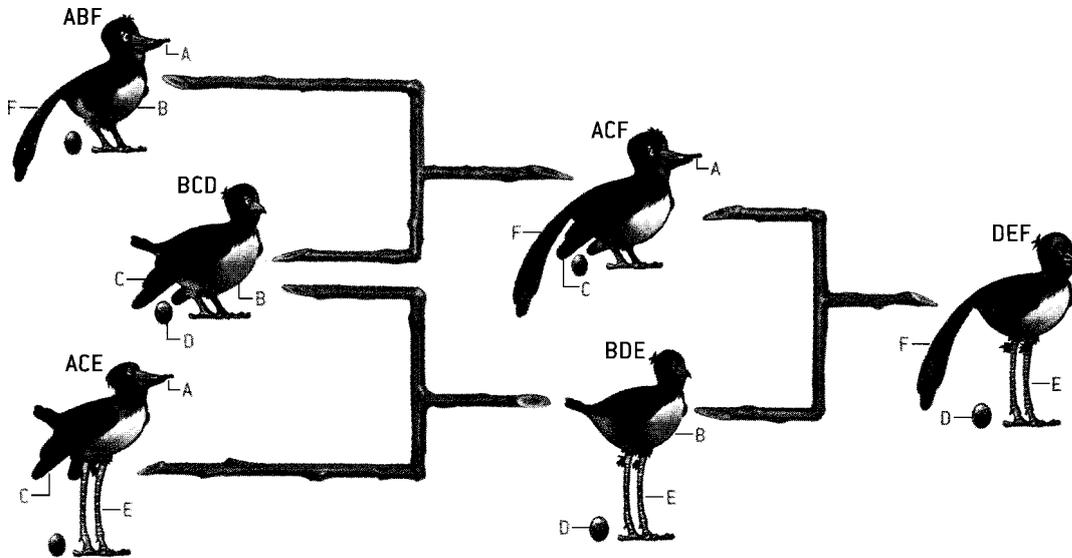
⁷ "*Le Mulet est stérile : ce n'est pas une preuve que les mulets de toutes les espèces le soient. Il est chez les oiseaux des mulets qu'on assure qui se propagent. Il peut donc s'en trouver aussi chez d'autres animaux, et surtout chez les végétaux*". Contemplation de la nature, 1764.

⁸ À la conception monogénisme, exprimée par Buffon, de l'existence d'une seule espèce humaine : "*Dès que l'Homme a commencé à changer de ciel, et qu'il s'est répandu de climats en climats, sa nature a subi des altérations..... ; les changements sont devenus si grands et si sensibles, qu'il y aurait lieu de croire que le Nègre, le Lappon et le Blanc forment des espèces différentes, si d'un côté l'on était assuré qu'il y a eu qu'un seul Homme de crée, et de l'autre que ce Blanc, ce Lappon et ce Nègre, si dissemblants entre eux, peuvent cependant s'unir ensemble et propager en commun la grande et unique famille de notre genre humain*". (Histoire naturelle, 1766) s'oppose durant le 18 et 19^{ème} siècle, la conception polygéniste selon laquelle le genre humain est constitué de plusieurs espèces.

⁹ Voir à ce sujet l'article de Jean Louis Fisher : "Espèce et hybrides : à propos des léporides" in Histoire du concept d'espèce dans les sciences de la vie, Ed. de la Fondation Singer-Polignac, Paris, pp 253-258.

Malgré cette prise de distance avec la rigidité fixiste, le modèle parental de l'hybridation interspécifique constitue un obstacle épistémologique. D'une part, parce qu'il minimise la stérilité des hybrides, et d'autre part, parce qu'il interprète le processus évolutif comme un mélange génétique entre espèces, comparable à un " métissage ".

À titre anecdotique, Scientific American a proposé, en 2003, un jeu de réflexion mathématique illustré par un schéma d'hybridation interspécifique¹⁰.



Il est intéressant de noter que, pour la même iconographie, cet arbre peut être lu de deux manières :

- de gauche à droite, comme un arbre généalogique de parenté familiale, avec une espèce " mère " et une espèce " père " donnant naissance par hybridation à des espèces " filles ".
- de droite à gauche, comme un arbre phylogénétique où, à partir d'une espèce ancestrale se forme par cladogenèse de nouvelles espèces.

Cette double lecture souligne deux façons opposées d'analyser la filiation selon notre conception de l'évolution :

- soit, la spéciation se fait, dans la continuité, par transmission génétique partielle,
- soit, la spéciation correspond à un éclatement, par fragmentation irréversible de la généalogie de l'espèce-souche, jusqu'à l'isolement génétique définitif.

Dans ce dernier cas, et contrairement à la généalogie familiale, la parenté évolutive correspond à une rupture de la filiation, par interruption du flux génétique, avec les nouvelles espèces qui en sont issues.

Pour dépasser cet obstacle de la spéciation par hybridation, il convient de séparer les conséquences évolutives¹¹ de l'hybridation interspécifique (Arnold 1992, Dubois, 1988) de son modèle parental très restrictif.

Cela signifie opérer un retournement de sens de la parenté, en abandonnant le modèle dyadique de la généalogie familiale au profit d'un modèle par clivage généalogique. En effet, la " parenté évolutive " résulte de mécanismes de spéciation, par cloisonnement de

¹⁰ L'objectif de ce jeu n'était pas de défendre l'hybridation comme mécanisme déterminant dans l'évolution, mais de rechercher les combinaisons possibles chez les descendants de différents caractères de trois espèces prises deux à deux.

¹¹ L'hybridation expérimentale est aujourd'hui utilisée pour déterminer des liens phylogénétiques ; exemple d'hybridogenèse avec dans le genre Rana.

populations, sous l'action de sélection naturelle, tandis que la parenté généalogique résulte, quant à elle, de liens filiation par alliances.

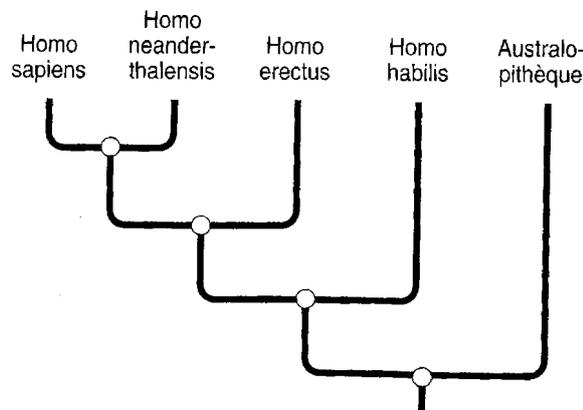
2- LA CONCEPTION GENEALOGIQUE DE L'ANCÊTRE COMMUN

La filiation biologique de la parenté suggère aussi l'appartenance à un groupe, c'est-à-dire à un ensemble d'individus issus d'un ancêtre commun. Ces liens de descendance s'expriment au sein d'un ensemble clos, où l'on peut distinguer ceux qui y sont inclus, de ceux qui en sont exclus.

Établir la descendance de l'ancêtre commun revient à l'identifier comme l'élément fondateur, sans qui, la généalogie familiale n'existerait pas. Cette identification renvoie à une symbolique des origines : origine de l'humanité, origine de la tribu, origine du nom famille, origine d'un titre de noblesse, etc.

En biologie de l'évolution, c'est aussi la question de l'origine des espèces qui est posée, mais tout autrement. Prenons l'exemple de la lignée humaine.

Comme toute lignée, elle est décrite par une transformation continue de certains caractères, au cours des temps géologiques. Mais son aspect buissonnant révèle, qu'en réalité, il s'agit d'un continuum éclaté¹² plus que d'une régulière linéarité.



Comment déterminer l'ancêtre commun à cette lignée ?

En classe, certains élèves l'identifient à l'Australopithèque justifiant qu'il est le plus ancien fossile connu présentant la bipédie. Dans ce cas, la lignée est souvent comprise comme le résultat de transformations par "métamorphoses"¹³ :

" le singe est passé d'un milieu forestier à la savane, il a dû apprendre à marcher sur ces deux jambes (australopithèque), puis il a progressé en se redressant (Homo erectus), puis il a appris à faire du feu (Homme de néandertalien), à écrire, à communiquer (Homo sapiens sapiens) ".

Ce schéma de transformation des espèces selon un modèle épigéniste¹⁴ remplace la spéciation en un développement par déroulement de stades successifs conduisant ainsi, à une annulation de l'évolution comme processus historique (Rumelhard, 1995).

La résistance de la pensée "ontogénique", à l'évolution, est à mettre en relation avec une lecture généalogique de l'ancêtre commun, comme prédécesseur de la descendance.

¹² Le terme de lignée est aujourd'hui discuté dans la communauté scientifique, dans la mesure où, il est souvent associé à une vision directionnelle de l'évolution. La discussion porte principalement sur la part de l'anagenèse et sur celle de la cladogenèse dans la construction de la lignée.

¹³ Cette explication par métamorphose est d'autant plus compréhensible que les mécanismes de spéciation ne sont pas nécessairement enseignés.

¹⁴ Historiquement, la conception épigéniste s'oppose au préformationnisme, sans impliquer une quelconque adhésion au modèle évolutionniste.

L'ancêtre commun est ici confondu avec l'espèce ancestrale, ou espèce-souche, à l'origine d'autres espèces.

Seul un détour théorique peut aider à dépasser cette résistance. Chez Lamarck, et surtout chez Darwin, la classification n'est plus seulement le résultat du regroupement des organismes par similitude de caractères, elle reflète aussi des liens phylogénétiques.

Et depuis Hennig, le lien de parenté entre deux espèces est déterminé par le partage d'états dérivés, et non sur l'identification paléontologique d'une espèce-souche. Cela ne signifie pas, pour autant, qu'il n'existe pas d'espèce ancestrale, sans quoi il n'y aurait pas eu d'évolution. Cela signifie seulement, que celle-ci est pour ainsi dire inaccessible à la recherche en raison d'une documentation fossile fragmentaire.

À défaut de connaître cette espèce ancestrale, l'analyse phylogénétique reconstruit un ancêtre commun virtuel à partir de la collecte des états dérivés entre espèces. Il s'agit donc d'une rétrospective visant à déterminer les descendants d'un ancêtre commun à partir de l'état de leurs caractères.

De cette démarche, il s'ensuit que, contrairement à l'ancêtre commun généalogique, l'ancêtre commun phylogénétique, lui, n'a pas de descendants biologiques. Il ne peut donc pas être à l'origine de la lignée humaine. Il est un outil conceptuel permettant de décrire la descendance en termes d'organisation des liens de parenté entre la lignée humaine et les autres lignées de primates non humains. La méthodologie phylogénétique établit donc des liens de parenté structuraux et non généalogiques.

CONCLUSION et PERSPECTIVES DIDACTIQUES

Avec la parenté, nous touchons là, à l'intimité affective de chacun où les liens d'alliances et de transmissions inter-générationnels s'interpénètrent. Si, la métaphore de la parenté n'est pas en opposition avec l'idée d'évolution, en revanche, elle constitue un réel un obstacle au raisonnement phylogénétique.

De par son caractère métaphorique, elle peut à tout moment se substituer ou s'opposer aux explications scientifiques les plus rigoureuses.

Cependant, l'image de la parenté en biologie de l'évolution est incontournable et même nécessaire. C'est pourquoi, elle mérite d'être discuté, comme une fausse évidence, pour mieux se distancier de la prégnance de la conception dyadique et de la stricte généalogie. L'essentiel n'est pas tant une définition, que la **révision**, puis la **reconstruction** du concept de parenté dans son cadre théorique évolutionniste.

L'enjeu didactique n'est-il pas alors de **déstructurer** l'image de l'évolution selon le modèle de la parenté familiale, pour **construire** une filiation non plus par continuité, mais par rupture de généalogie, en y intégrant, dans la mesure du possible, les modalités de la spéciation ?

Bibliographie

- Arnold M.L (1992). " Natural hybridization as an evolutionary process ", *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 23 : pp237-261.
- Bachelard G. (1938). La formation de l'esprit scientifique, Vrin
- Dubois A. (1988). Le genre en zoologie : essai de systématique théorique. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Zoologie, Tome 139.
- Fortin C. (2000). "Classification et évolution , in *Biologie et Géologie* (APBG) N°3 Octobre, pp 525-537.
- Fortin C. (2000). Les causes de l'évolution, in " *Les formes de causalités dans les sciences de la vie et de la terre* ", INRP Documents et travaux de recherche pp 81-101.
- Fortin C. (2006) . Créationnisme et finalisme évolutionniste, in Argos, CRDP Créteil, n°39 Février, pp 42-45.
- Hennig W. (1966). Phylogenetic systematics. University of Illinois, Press, Urbana.

Rumelhard G. (1995). Permanence, métamorphose, transformation, in *Biologie et Géologie* (APBG), n°2, pp333-344.

Les fonctions épistémologiques de l'évolution dans les programmes de SVT français

Christian Orange

Professeur des universités
Didactique des SVT
IUFM des pays de la Loire
CREN, Université de Nantes

On m'a demandé d'étudier la place de l'évolution dans les programmes actuels français, de l'école au lycée.

La simple énumération des endroits des programmes où l'évolution apparaît n'a en soi que peu d'intérêt. J'ai donc tenté de repérer les rôles qu'y prend l'évolution par rapport aux savoirs biologiques, à chacune de ses apparitions explicite ou implicite : ce qu'on peut appeler ses fonctions épistémologiques. Il apparaît alors que ce concept se comporte, selon les cas, tantôt comme une idée à présenter, tantôt comme un paradigme structurant et tantôt comme un fait ou un phénomène à expliquer.

A la lecture des programmes du cycle 1 à la classe terminale, j'ai ainsi retenu quatre grandes fonctions épistémologiques de l'évolution :

1) L'évolution : une idée à suggérer, à illustrer, à expliciter

Il s'agit de travailler des questions biologiques qui vont dans le sens d'une idée d'évolution, mais sans prouver celle-ci (est-ce possible ?) ni poser la question de ses mécanismes.

Voilà quelques exemples

Evolution : Idée à suggérer, à illustrer, à expliciter

Cycle 3 (Doc ac.)

L'observation (directe ou sur documents) de quelques fossiles typiques, comparés avec des espèces actuelles, doit être mise en relation avec l'idée que les espèces aujourd'hui présentes sur la Terre proviennent d'autres espèces qui vivaient autrefois.

4^{ème} (1996)

L'étude de quelques exemples significatifs doit notamment permettre d'explicitier l'idée d'évolution, à laquelle les élèves ont été préparés, notamment en 6^e (parenté des êtres vivants) et au cycle central par les chapitres précédents (diversité des modalités des fonctions selon les milieux). Elle est abordée ici par le constat de la succession des formes vivantes et par la recherche d'une explication: l'existence de filiations.

2^{de} Parenté et diversité des organismes.

Les vertébrés présentent des similitudes anatomiques qui se traduisent par un plan d'organisation commun : axes de polarité (antéro-postérieur, dorso-ventral, droite-gauche), disposition des principaux organes par rapport à ces axes. [...] Les similitudes aux différents niveaux d'organisation : cellule, molécule d'ADN et organismes conduisent à la notion d'origine commune des espèces.

2) L'évolution : paradigme de la biologie historique

On peut distinguer, à la suite notamment de E. Mayr (1989), une biologie fonctionnaliste, qui analyse les fonctionnements des systèmes biologiques, et une biologie évolutive ou

historique qui étudie ces systèmes comme le produit d'une histoire. Cette dernière est, aujourd'hui, complètement organisée par le concept darwinien d'évolution, qui lui sert donc de paradigme (au sens de Th. Kuhn). Voilà quelques exemples de cela dans les programmes, où l'évolution est une donnée théorique servant de cadre aux problèmes biologiques.

Evolution : Paradigme de la biologie historique

1^{ère} ES et L

En classe de seconde, les études relatives à l'unité des êtres vivants (généralité de la structure cellulaire, nature du matériel génétique, possession de gènes homologues) ont renforcé l'idée de leur origine commune abordée au collège. En classe de première, il s'agit en premier lieu d'initier les élèves aux méthodes de raisonnement qui permettent d'établir les relations de parenté entre plusieurs espèces ou plusieurs groupes.

TS dac.

En classe de seconde, l'objectif général du thème "Cellule, ADN et unité du vivant" était de dégager la notion d'origine commune des espèces vivantes, confortant l'idée d'évolution déjà introduite au collège. Des études portant sur différents niveaux d'organisation - cellule, molécule et organisme - ont permis d'établir que les similitudes anatomiques des vertébrés s'inscrivent dans un plan d'organisation commun mis en place suivant un programme génétiquement déterminé.

En classe de première scientifique, la relation entre gènes et protéines a été approfondie. L'universalité des modalités d'expression des gènes et du code génétique a été soulignée, renforçant ainsi l'idée d'origine commune des êtres vivants.

En classe terminale scientifique, on cherche à établir des relations de parenté plus précises au sein des vertébrés actuels et fossiles. La place de l'Homme dans le règne animal et l'état actuel des idées sur l'évolution de la lignée humaine sont étudiés.

3) L'évolution comme élément de paradigme en biologie fonctionnaliste

Le concept d'évolution organise également la biologie fonctionnaliste, même si c'est de manière beaucoup plus implicite que pour la biologie historique. Le mot évolution n'est d'ailleurs généralement pas utilisé, mais se cache, par exemple, derrière la notion ambiguë d'adaptation. Nous ne donnerons qu'un exemple, tiré des programmes de l'école élémentaire, car la liste pour le collège et le lycée serait bien longue.

*Paradigme de biologie fonctionnaliste ?
Adaptation ?*

Cycle 3, dac.

Être capable, à partir de l'étude d'une ou deux fonctions, comme la locomotion ou la respiration, de constater l'adaptation des êtres vivants à leur milieu.

4) L'évolution, un phénomène à expliquer

Dernière fonction épistémologique de l'évolution dans les programmes, celle qui correspond à la recherche des mécanismes de cette évolution.

Evolution : phénomène à expliquer

TS dac.

Étude de trois exemples de relations entre mécanismes de l'évolution et génétique.

Cette partie du programme est une ouverture intellectuelle. Elle a pour but d'envisager des hypothèses explicatives de l'évolution des espèces. La complexité des relations possibles entre mécanismes de l'évolution et génétique est telle qu'il est impossible d'en donner une vision d'ensemble ou des mécanismes explicatifs. C'est pourquoi, à l'aide de trois exemples ponctuels, il s'agit seulement d'illustrer le fait que des innovations génétiques se traduisent au cours du temps par des modifications du patrimoine génétique des espèces. Cette partie du programme a un statut particulier et ne peut à elle seule être l'objet d'une question au baccalauréat.

5) Discussion

Si maintenant on regarde comment se répartissent ces différentes fonctions, voilà ce que l'on obtient.

Les fonctions épistémologiques de l'évolution dans les programmes de SVT français

Idee à suggérer, à illustrer, à expliciter	C3, 4 ^{ème} , 3 ^{ème} , 2 ^{de}
Paradigme en biologie historique	1 ^{ère} ES et L, TS
Paradigme en biologie fonctionnaliste ? Adaptation ?	Un peu partout du C3 à la TS
Phénomène à expliquer	TS

Il apparaît alors que le concept d'évolution est à la fois présent tout au long des programmes, mais en même temps totalement éclaté.

Le fait qu'il soit présent partout est tout à fait justifié par son importance dans la pensée biologique actuelle et le rôle de paradigme qu'il y joue. Le problème vient de ce que, jusqu'en terminale, l'évolution ne reste qu'une idée, servant certes de cadre de pensée, mais simplement une idée, sans que le problème fondamental du concept ne soit travaillé : comment concilier la fixité des espèces avec leur histoire ?

Cette idée d'évolution ne pose pas nécessairement de difficultés aux élèves, sauf éventuellement par rapport à des convictions religieuses : les recherches didactiques (voir notamment les travaux de Guy Rumelhard et de Corinne Fortin) ont montré que les élèves s'accommodaient fort bien d'un transformisme des êtres vivants, sorte de métamorphoses où tout peut se transformer en tout en permanence.

On voit donc que notre enseignement de la biologie est fondé, jusqu'en terminale, sur une idée naïve qui n'a rien de scientifique. L'évolution, que l'on veut à juste titre opposer au créationnisme et au "dessein intelligent", n'y est aucunement fondée en raison.

On est en fait face à une double contrainte, dont il n'est pas facile de se sortir :

- Contrainte épistémologique : le concept d'évolution fonde la biologie actuelle ; il doit donc être présent tout au long de son enseignement.
- Contrainte didactique : l'enseignement de l'évolution, comme tout enseignement, doit être "programmé" ; on ne peut pas tout enseigner en même temps. Se pose alors la question : quand (compte tenu de la difficulté théorique de ce concept et de la rupture qu'il impose par rapport aux idées naïves de transformation) peut-il être construit en raison par les élèves ?

Bibliographie

FORTIN C. Du bon usage des conceptions en biologie de l'évolution in Giordan A. *Conceptions et connaissances* Bern : Peter Lang.

KUHN Th. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

MAYR E. (1989). *Histoire de la biologie*. Paris : Fayard.

ORANGE C. & ORANGE D. (1995). Biologie et géologie, analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *ASTER*, 21, pp. 27-49.

RUMELHARD G. (1995) Permanence, métamorphose, transformation. *Biologie-Géologie* (revue de l'APBG) 2-1995, p. 333-345.