

Fonction, explication et enseignement de la sélection naturelle

Fabienne Paulin, Jonathan Simon

▶ **To cite this version:**

Fabienne Paulin, Jonathan Simon. Fonction, explication et enseignement de la sélection naturelle. Bulletin pédagogique trimestriel de l'APBG (association des professeurs de Biologie et de Géologie), 2012, 4, pp.75. hal-00989713

HAL Id: hal-00989713
https://hal.science/hal-00989713

Submitted on 12 May 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Fonction, explication et enseignement de la sélection naturelle

Fabienne Paulin et Jonathan Simon

La « sélection naturelle » est enseignée aujourd'hui dans les classes de seconde, de première et de terminale scientifique(1). C'est un concept majeur de la théorie de l'évolution et un point clé des programmes. A n'en pas douter elle fera l'objet de sujets dans la nouvelle mouture du baccalauréat. C'est également un concept évoqué dans certains sujets d'actualité comme la résistance aux antibiotiques, les conséquences de l'introduction de nouvelles espèces ou l'impact des OGM sur l'écosystème.

Or les évaluations scolaires portant sur la sélection naturelle montrent qu'une majorité d'élèves n'est pas capable de mobiliser correctement ce concept. Nous avons analysé 68 copies d'une épreuve de Bac blanc destinée à des lycéens de terminale S dans laquelle était proposé un exercice sur la résistance d'une population de moustiques à un insecticide. Sans grande surprise les réponses les plus fréquentes sont des réponses que nous qualifierons de finalistes. Ces résultats sont en accord avec le travail réalisé par Yves Kuster et Jean-Marc Lange portant sur le même exercice proposé à des candidats à un concours de kinésithérapie(2). De nombreuses études ont été menées sur les difficultés des élèves à s'approprier les concepts de l'évolution dont celui de sélection naturelle. Ces travaux didactiques pertinents mettent en lumière les obstacles récurrents à cet enseignement, notamment une résistance due aux convictions religieuses(3).

➤ **Mots clés** : sélection naturelle, finalisme, évolutionnistes, créationnistes, survie

■ **Fabienne Paulin** : professeur de SVT à Lons le Saunier et doctorante en didactique des SVT
Jonathan Simon : Maître de Conférence en Histoire des sciences à l'université Lyon-1 dans le laboratoire S2HEP

(1) « *Programme de l'enseignement spécifique et de la spécialité de SVT. Classe terminale de la série scientifique* », B. O. spécial n° 8, 13 octobre 2011 ; « *Programme d'enseignement spécifique de SVT en classe de première de la série scientifique*», B. O. spécial n° 9, 30 septembre 2010 ; « *Programme de SVT de la classe de seconde générale et technologique* », B. O. spécial n° 4, 29 avril 2010ange

(2) Yves Kuster, Jean-Marc Lange, « Quelques conceptions d'une profession de santé à propos des mécanismes de l'évolution », in Maryline Coquidé, Stéphane Tirard, *L'évolution du vivant : un enseignement à risque ?*, Paris : Vuibert/ADAPT-SNES, 2009, p. 125

(3) Maryline Coquidé, Stéphane Tirard, *L'évolution du vivant : un enseignement à risque ?*, Paris : Vuibert/ADAPT-SNES, 2009

Dans cet article nous proposons de suivre une piste différente et complémentaire pour réfléchir à la prégnance du finalisme chez les élèves en déplaçant le curseur du coté des explications scientifiques utilisées dans l'enseignement de la biologie. Notre hypothèse est qu'un certain type d'explication scientifique, largement utilisé en biologie et également en classe peut, par sa nature même, laisser le champ libre à une interprétation finaliste des phénomènes biologiques et entretenir la tendance téléologique des élèves.

Nous pointons dans cet article l'explication que nous appellerons « fonctionnelle ». Nous la définissons comme l'explication dans laquelle des fonctions sont attribuées aux objets biologiques. Ce type d'explication est un « allant de soi » dans l'enseignement des sciences du vivant. De nombreux chapitres du programme de biologie font appel aux « fonctions biologiques » (la fonction circulatoire, la fonction respiratoire, etc…) Un ouvrage récent, co-dirigé par Jean Gayon et Armand de Ricqlès[4], met en miroir le concept de fonction dans le champ philosophique et dans le champ de la biologie. Les analyses des auteurs respectifs nourrissent ici notre réflexion sur l'utilisation des fonctions dans l'enseignement de la biologie et son implication dans le problème qui nous occupe.

Loin de nous l'intention de minimiser ou d'interdire les explications fonctionnelles en biologie et dans son enseignement ou de soupçonner les enseignants d'être plus ou moins finalistes. Nous souhaitons par contre attirer l'attention des professeurs sur les différents types d'explications scientifiques qu'ils utilisent et les aider à percevoir en quoi l'utilisation de fonctions dans une explication scientifique peut, sans appui épistémologique, être source de confusion dans l'apprentissage de l'évolution.

Nous pensons que des professeurs mieux à même d'identifier et d'expliciter l'orientation finaliste de certaines formulations permettraient à leurs élèves de recevoir un discours plus clair sur l'évolution. A titre d'exemple, un énoncé de la forme «Les moustiques se sont adaptés à leur milieu, aux insecticides. Pour cela ils ont du subir des mutations.» serait, lors d'un examen, identifié et sanctionné pour sa portée finaliste, tandis que la formulation « Les estérases sont des enzymes qui ont comme fonction de dégrader les insecticides organosphosphorés. » serait plutôt récompensée. Nous soutenons cependant que, à proprement parler, les deux phrases véhiculent des conceptions fausses (ou au moins ambiguës). Reconnaître et expliquer aux élèves que les deux sont d'orientation 'finaliste' mais qu'une est néanmoins plus acceptable que l'autre (tout en nécessitant une clarification) pourrait leur permettre une compréhension plus aboutie des concepts en jeu et les pièges à éviter. Mais cela implique de clarifier ce que ces deux phrases ont en commun et ce qui les sépare.

Des explications en biologie

Pour aider les professeurs à comprendre la tendance des étudiants à penser en termes de finalisme, il faut réfléchir à la nature « philosophique » des explications que l'on donne et que l'on attend des élèves en biologie.

(4) Jean Gayon, Armand de Ricqlès, *Les fonctions : des organismes aux artefacts*, Paris : PUF, 2010

Pour cela, nous regarderons la nature des explications scientifiques d'un peu plus près. Mettant de côté une littérature philosophique assez riche sur l'explication[5] nous pouvons dire dans un premier temps qu'une explication scientifique est une réponse à la question « pourquoi ? » ou à la question « comment ? ». Il est parfois d'usage de restreindre le questionnement en cours de science au « comment ? » et de laisser de coté les questions « pourquoi ? ». Michel Morange[6] redonne sa place aux « pourquoi » en précisant que tout un pan de la biologie et notamment la biologie darwinienne cherche des réponses au « pourquoi ». Il soutient que le « pourquoi » fait partie intrinsèque des préoccupations du scientifique et notamment dans le contexte évolutionniste.

Pour les besoins de cet article, nous diviserons, dans un premier temps, les explications scientifiques en trois catégories, les explications de type « finaliste », les explications de type « fonctionnel» (qu'il faut comprendre comme : « en terme de fonction ») et les explications de type « mécaniste ».

Un exemple pour (mieux) comprendre

Posons une question banale : « Pourquoi votre bureau est-il bien chaud ? » Imaginons trois réponses de votre part :

a : parce que j'avais froid et que j'ai mis le chauffage ;

b : parce que les radiateurs électriques servent à générer de la chaleur, par conséquent appuyer sur l'interrupteur met en marche les radiateurs et chauffe la pièce ;

c : parce que le passage du courant dans les résistances des radiateurs génère de la chaleur qui se répand dans la pièce.

Seule la troisième réponse (c) est une explication mécaniste présentée exclusivement en termes de disposition du monde matériel et les mécanismes décrits selon les lois de la physique (chaleur = puissance x temps (dans un circuit électrique), etc…).

La première explication (a) fait appel aux buts personnels qu'a l'acteur, en l'occurrence vous, c'est-à-dire à votre sensation d'avoir froid et votre volonté de pallier à ce problème en allumant le chauffage. C'est une explication « finaliste » qui fait appel à un but final, votre confort corporel.

La deuxième explication (b) est d'un type que nous appellerons ici « fonctionnel » c'est-à-dire qu'elle fait appel à la fonction pour laquelle un objet est fait. Le radiateur est conçu et construit pour générer de la chaleur en utilisant de l'électricité, c'est sa fonction, et nous faisons appel à cette fonction en expliquant pourquoi le bureau est chaud.

(5) Wesley C. Salmon, *Four Decades of Scientific Explanation,* Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2006

(6) Michel MORANGE, Les secrets du vivant : contre la pensée unique en biologie, Paris : La Découverte, 2005

Il est très important de faire la différence entre une explication fonctionnelle et une explication mécaniste parce que ces différences sont lourdes de conséquences dans le problème qui nous occupe. Dans l'explication fonctionnelle, l'attribution d'une fonction au radiateur implique un dessein, une intention qui a conduit à sa fabrication et sans l'intervention des êtres humains il est difficile d'imaginer la présence de ces radiateurs. La même logique guette chaque explication fonctionnelle, même si, dans le cas des êtres vivants nous pouvons très bien concevoir une fonction pour un organe, par exemple, sans penser qu'il y ait un dessein ou un fabricant. Mais dans l'explication mécaniste il n'est plus nécessaire de faire appel aux destinataires du radiateur ni à leur intention d'avoir plus chaud. N'importe quel fil métallique par lequel passe du courant électrique générera de la chaleur. C'est une loi générale. C'est le cas pour le filament dans une ampoule (à l'ancienne), par exemple, un objet technique fait pour fournir de la lumière et non pas pour générer de la chaleur. Dans ce type d'explication aucun but final n'est convoqué ni aucune fonction particulière de l'appareil.

Le lien avec la biologie : fonction et finalisme

Les sciences en général ne mettent pas en avant les explications finalistes, ni les explications fonctionnelles. Imaginons, par exemple, une question de chimie : « Pourquoi le sucre se dissout-il dans l'eau ? » Une réponse finaliste sera du type : « parce que j'aime mon café sucré ». Cette réponse donne peut-être une explication du phénomène, mais elle ne vous permettra pas d'avoir des points lors du baccalauréat en sciences. En chimie, on cherche des explications en termes de liaisons entre des groupes et des molécules d'eau ou en termes d'énergies, c'est-à-dire des explications de type « mécaniste » qui font référence aux mécanismes des réactions ou aux transformations sans invoquer un but quelconque. Mais les sciences du vivant constituent un domaine où les explications fonctionnelles abondent.

Que signifie attribuer une fonction à un objet du monde vivant ? Cette question fait l'objet d'une publication récente qui interroge notamment l'utilisation du concept de fonction dans les sciences du vivant. Cet ouvrage d'un haut niveau d'analyse co-dirigé par Jean Gayon et Armand de Ricqlès apporte des éléments de réflexion pertinents à notre sujet.

Pour les philosophes des sciences, l'enjeu est de taille car l'attribution de fonction à des objets organiques (cellules, organes ou molécules comme les enzymes ou les hormones) comporte toujours le risque de remettre en question les principes de l'explication scientifique causale. Attribuer une fonction à un objet c'est postuler que cet objet a un rôle et donc (implicitement) qu'il a été conçu pour l'accomplir comme le radiateur conçu pour chauffer la pièce. Autrement dit, le terme « **fonction** » porte en lui l'idée **d'une finalité** et d'une **normativité**. Poussons le raisonnement. Si le cœur, par exemple, « sert à faire circuler le sang », il a donc été « conçu pour cela ». Nous sommes alors obligés d'expliquer la présence du cœur dans l'organisme par l'effet qu'il produit dans cet organisme. Cela revient à inverser le principe de causalité puisque la fin (la circulation du sang) serait à l'origine des moyens (la présence du cœur). Or, il est difficile d'imaginer par quel processus matériel ce qui n'est pas encore (la fin ou le but) pourrait agir sur ce qui doit le produire (la présence du

cœur). Nous voyons dans cet exemple comment une réponse fonctionnelle est porteuse intrinsèquement d'une visée finaliste. Prenons un autre exemple. Si on pose la question : « Pourquoi le cœur humain a-t-il sa structure caractéristique ? », on peut s'attendre à une réponse du type « parce qu'il est une double pompe, et que sa structure répond au besoin de faire circuler le sang par le corps et par les poumons ». Il s'agit là d'une explication fonctionnelle, et ce mode explicatif est d'usage fréquent dans la recherche et dans les cours de biologie.

Evidemment, si nous demandons à un chercheur ou à un enseignant d'expliciter ce type de réponse, la portée finaliste du propos sera rapidement éliminée. Mais qu'en est-il pour les élèves ? A la lecture des copies analysées, nous sommes amenés à penser qu'au moins une partie d'entre eux supposeront en toute « bonne foi » et avec une certaine logique que le cœur a pris cette forme pour remplir cette fonction. Et nous sommes là sur la limite fondamentale qui sépare les évolutionnistes des créationnistes notamment sous couvert du dessein intelligent. Si une telle explication n'est pas nuancée par l'enseignant, le risque est grand de laisser en place, voire de conforter, la tendance finaliste des élèves.

Nous rappelons que notre but ici n'est pas d'éliminer les explications fonctionnelles de la biologie, elles sont présentes partout et elles constituent une partie importante et légitime du corpus du savoir de la biologie. Nous voulons simplement que les professeurs soient conscients du fait que faire appel à une fonction pour expliquer des éléments du monde vivant (biochimie, structure interne ou même existence) est différent de faire appel aux mécanismes qui ont amené à ce résultat. C'est une distinction essentielle, parce que l'appel à une fonction peut conforter une vision finaliste là où elle n'a pas lieu d'être. Le professeur qui maîtrise bien diverses formes d'explication peut faire la différence et éviter le piège du finalisme, mais beaucoup d'élèves ne sont pas suffisamment équipés pour faire de même.

Eviter l'écueil du finalisme peut consister à privilégier la description des processus et s'en tenir au fonctionnement. Mais le glissement est facile entre fonction et fonctionnement d'autant plus que les enseignants qui ont le corpus de l'évolution en tête ne perçoivent pas ou plus l'ambiguïté possible de leurs propos, ce qui n'est pas le cas des élèves. Ces derniers sont d'ailleurs fréquemment en attente d'explications fonctionnelles. En effet, une question récurrente des élèves est : « A quoi ça sert ? » Cette question, simple en apparence, est en réalité délicate à négocier.

Pour comprendre toute l'implication de notre propos sur l'explication fonctionnelle, comparons deux questions de ce type en biologie et en géologie.

Si un élève pose la question : « A quoi sert un volcan ? » l'enseignant sera sans doute un peu surpris mais en tout cas, il ne répondra pas que les volcans servent à faire couler de la lave sur les pentes du volcan pour fertiliser plus tard les sols. Il orientera éventuellement sa réponse vers une explication mécaniste liée au fonctionnement d'un volcan. Mais à la question « A quoi servent les hématies ? » l'enseignant répondra spontanément : « A transporter le dioxygène jusqu'aux cellules. ». Cette réponse fonctionnelle peut induire chez l'élève l'idée que les hématies sont là précisément pour remplir cette fonction et qu'elles ont donc été créées pour cela.
Dans l'enseignement de l'évolution, nous pensons que la focalisation des élèves sur

les explications fonctionnelles les rend moins capables de comprendre la nature des explications darwiniennes qui ne sont pas fonctionnelles mais mécaniste dans la classification proposée dans cet article. Le mécanisme aveugle de la lutte pour la survie cède la place dans l'esprit de beaucoup d'élèves à un mécanisme adaptatif qui est volontaire et vise un but particulier.

En conclusion de cette première partie, il apparaît clairement qu'explications fonctionnelle et finaliste sont intrinsèquement liées et pour la suite de l'exposé, nous les opposerons ensemble aux explications mécanistes. Il est également important que la réflexion philosophique et épistémologique se poursuive sur ce sujet dans l'intérêt de la biologie elle-même et de son enseignement.

Types d'explication présents dans des copies d'élèves

Nous appuyons notre réflexion concernant l'influence des explications fonctionnelles dans l'enseignement de l'évolution sur l'analyse de copies d'élèves répondant à un exercice sur la résistance aux insecticides de moustiques de la région de Montpellier. 68 copies d'élèves de terminale scientifique ont été analysées. Il s'agit d'un exercice proposé dans le cadre d'un bac blanc en fin d'année scolaire(7).

L'analyse a consisté dans un premier temps à catégoriser les réponses des élèves selon le type d'explication dominant présent dans la copie. Deux types d'explications sont clairement identifiables : les explications darwiniennes (mécanistes) et les explications finalistes/fonctionnelles. Pour un certain nombre de copies, la catégorisation s'avère plus difficile.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés aux arguments utilisés par les élèves dans leur explication en nous focalisant sur l'utilisation des informations concernant les estérases, enzymes impliquées dans la dégradation des insecticides.

Les explications proposées par les élèves

Les explications darwiniennes (=mécanistes)

Réponse type

Dans la population initiale des moustiques traités à l'insecticide, certains sont porteurs de duplications de 2 gènes codant les estérases et d'autres non. Les insectes porteurs de duplications de ces gènes produisent une quantité plus importante d'estérases qui réagissent avec les insecticides organophosphorés (IOP) et les hydrolysent. L'utilisation d'insecticide décime les moustiques non résistants dans la population initiale. Les moustiques porteurs des duplications vivent et se reproduisent. La fréquence des moustiques porteurs de duplications augmentent dans les générations successives. C'est le processus de sélection naturelle.

(7) Le sujet est disponible à l'adresse : http://didac.free.fr/bac/ts07asie/doc3.htm (consulté le 11 octobre 2012)

Cette explication ne fait intervenir aucune cause finale. Elle décrit une succession de phénomènes qui aboutissent à une modification de la fréquence des moustiques porteurs de duplication dans les générations successives. Il s'agit de la réponse attendue.

Total : 16 réponses de ce type sur 68 copies

Les explications fonctionnelles/finalistes

Réponse type

Au contact de l'insecticide, les moustiques subissent des duplications des gènes (au cours de leur existence) codant les estérases pour résister aux insecticides et ainsi s'adapter à la présence d'insecticide dans le milieu.

Exemple de réponse d'un élève

« La population de moustiques de la région de Montpellier s'adapte donc aux conditions de vie du milieu puisque la population initiale de moustiques était vulnérable face aux insecticides. Pour la survie de la population et plus largement de l'espèce, un changement a eu lieu dans le génotype de ces moustiques pour qu'ils puissent continuer à vivre dans ce milieu malgré l'utilisation d'insecticides par les hommes. (…) Ces gènes ont du se dupliquer d'abord une première fois lorsque l'utilisation des insecticides a commencé. Puis, devant l'augmentation de l'utilisation de ces insecticides, ils se sont dupliqués de plus en plus notamment dans les zones où on utilise le plus d'insecticide, afin de permettre à l'espèce de survivre. »

Pour ces élèves, le processus constaté de l'élévation de la fréquence des insectes résistants obéit à un but final qui est la survie de l'espèce. Il s'agit pour eux d'un processus quasi-intentionnel et clairement orienté vers un but et ils exploitent les données moléculaires de l'énoncé dans ce sens.

Total : 29 réponses de ce type sur 68 copies

Les autres réponses

La distinction entre explications fonctionnelles/finalistes ou mécanistes est plus difficile à effectuer sur les copies restantes. Nous pouvons cependant déterminer 3 sous-groupes :

Les explications mixtes

L'utilisation d'insecticide provoque la mutation des gènes A et B. Les moustiques résistants se reproduisent davantage que les autres.

Des éléments d'explication finaliste et mécaniste cohabitent dans la réponse. En outre l'explication mécaniste est fausse (l'insecticide ne provoque pas les mutations) mais nous imaginons très bien comment cette idée peut résulter d'une orientation finaliste.

Total : 7 réponses sur 68 copies

Les explications ambiguës

Dans ces copies, les élèves proposent un début d'analyse des documents mais sans relier les données entre elles et il est difficile de déterminer clairement dans quel type d'explication ils se situent.

Total : 8 réponses sur 68

Les « non réponses » (sans explication)

Les élèves reprennent les éléments de l'énoncé et restent dans le constat des résultats. Il n'y a pas de réelle tentative d'explication.

Total : 8 réponses sur 68

Les arguments utilisés par les élèves

Une phrase de l'énoncé « ambiguë »

Pour argumenter leurs explications, les élèves doivent exploiter trois documents dont un concerne la production d'estérase chez des moustiques résistants ou non et un autre la duplication des gènes A et B codant les estérases. Dans le document 2, une phrase de l'énoncé informe que : « Les estérases sont des enzymes naturellement produites par tous les moustiques : elles dégradent les insecticides organophosphorés. »

Arrêtons-nous un instant sur cette formulation. La première partie de la phrase n'est pas en cause mais la seconde est plus intéressante. Quel type d'explication est en jeu quand il est dit que « les estérases dégradent les insecticides organophosphorés (=IOP) ? »

D'un point de vue chimique, les estérases sont des enzymes participant à l'hydrolyse des liaisons esters. Les IOP sont porteurs de telles liaisons esters. En présence de l'enzyme, une réaction a lieu et les molécules organophosphorées sont hydrolysées et n'agissent plus. Il est cependant évident que cette réaction résulte d'une rencontre fortuite entre deux molécules provoquée par l'utilisation des insecticides par l'homme.

Mais la phrase de l'énoncé qui juxtapose la production naturelle d'enzyme avec la dégradation des IOP est source d'ambiguïté. Nous pouvons comprendre l'assertion de deux manières différentes. Soit la fonction des enzymes est de dégrader les estérases avec comme sous-entendu potentiel qu'elles sont faites pour cela, soit elle décrit le résultat du fonctionnement des enzymes en contact avec l'IOP.

Il est d'ailleurs intéressant de repérer que cette phrase de l'énoncé, présente dans un sujet du baccalauréat de 2007, pourrait être reprise en partie d'un document en ligne de l'INRP[8] mis à jour en 2003 et formulée ainsi : « Les estérases sont des enzymes naturellement produites par les insectes ; elles hydrolysent les liaisons ester, notamment celles des molécules des IOP ; en revanche, elles sont sans action

(8) Document consultable à l'adresse suivante (consulté le 11 octobre 2012) :
http://www.inrp.fr/Acces/biotic/evolut/mecanismes/moustiques/html/syntheseMecanismes.htm

sur les carbamates (comme le propoxur). Il existe chez le moustique, 2 sortes d'estérases appelées A et B. »

On peut supposer qu'au cours de la rédaction du sujet et peut-être par un louable souci de compréhension, la phrase initiale ait été simplifiée. Cependant, la part de coïncidence de l'action des estérases sur les IOP est de fait occultée. Cette simplification favorise paradoxalement un glissement possible d'une explication mécaniste vers une explication fonctionnelle. Comment les élèves ont-ils compris cette donnée ? Ce glissement est-il repérable dans les écrits des élèves ? L'analyse des réponses écrites nous permet d'observer une compréhension différentielle du statut des estérases dans le processus à expliquer.

Les élèves et les estérases

Nous avons dans la suite de l'analyse, focalisé spécialement notre attention sur la place des estérases dans l'argumentation des élèves. Nous avons répertorié les copies dans lesquelles la formulation concernant les estérases montrait explicitement que l'élève leur accordait une fonction dans le sens plein du terme c'est à dire qu'elles sont présentes pour dégrader les IOP et qu'elles sont faites pour cela. Nous avons comptabilisé 29 copies (sur 68) contenant cet élément d'explication.

Florilège

« On constate que les moustiques résistants sont ceux qui possèdent le plus grand taux d'estérase qui est l'enzyme naturellement produite pour lutter contre les insecticides. »

« L'estérase est donc l'enzyme qui « décide » si le moustique est résistant ou non. »

« Cela signifie que les moustiques sont résistants aux insecticides organophosphorés car ils produisent plus d'estérases qui ont pour but de dégrader ces insecticides. »

« Les moustiques résistants aux IOP ont donc appris à produire de l'estérase en plus grande quantité afin de se protéger. »(…) « Cette résistance est due à une production beaucoup plus élevée que la normale d'estérase, enzyme destinée à dégrader les IOP. »

« … c'est une enzyme faite pour dégrader les IOP. »

« Le gène A et le gène B ont été dupliqués jusqu'à un certain niveau pour pouvoir coder assez d'estérase A et B et dégrader assez l'IOP pour survivre. »

Nous voyons là comment l'attribution fonctionnelle s'intègre parfaitement dans l'argumentation finaliste. Ces différentes formulations montrent explicitement que ces élèves attribuent aux estérases la fonction de dégrader les IOP ce qui signifie pour eux qu'elles sont « faites pour cela ». A partir de cet élément, leur argumentation se poursuit en général sur l'idée que les moustiques vont agir « logiquement » dans le sens d'une production accrue de ces enzymes pour assurer leur survie.

Comment se répartissent ces 29 copies par rapport à notre catégorisation initiale ?

Dans le groupe des explications fonctionnelles/finalistes (29 copies), nous retrouvons cet argument dans 19 copies. Dans le groupe des explications darwiniennes (16 copies), nous retrouvons l'argument dans 3 copies. Dans les groupes restants, l'argument est présent 7 fois (23 copies).

Cette analyse demanderait une exploration supplémentaire de la représentation des élèves vis à vis des estérases et notamment pour les copies dont la formulation ne permet pas de trancher.

Cependant, ces éléments d'analyse nous permettent de repérer un lien fort entre l'attribution d'une fonction à des objets biologiques, en l'occurrence des enzymes, et le finalisme. Un grand nombre d'élèves utilise en effet les attributions fonctionnelles comme des outils argumentatifs dans les explications finalistes.

Type d'explication	Nombre de copies (/ 68)	Argument basé sur une attribution fonctionnelle aux estérases
Darwinienne (=mécaniste)	16	3
Fonctionnelle/finaliste	29	19
Explication mixte	7	7
Explication ambiguë	8	
Sans explication	8	

1. Tableau de résultats de l'analyse des copies

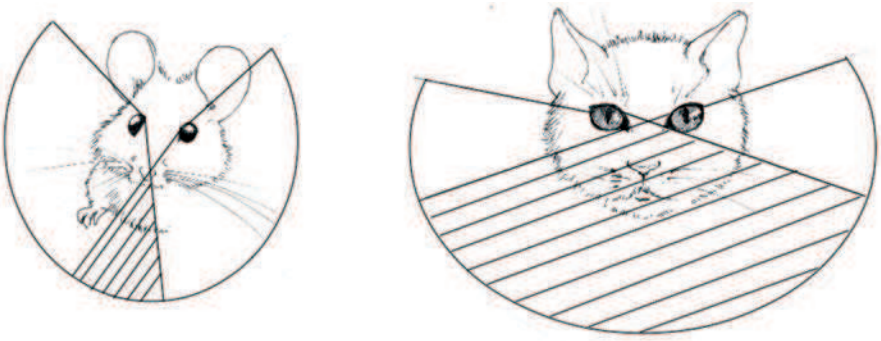
De nombreux chapitres de l'enseignement de la biologie sont empreints d'attributions fonctionnelles sans que cela conduise nécessairement à des incompréhensions des processus. Mais dans le cadre de l'évolution, la rigueur est de mise et elle passe par une prise de conscience des enseignants de toutes les implications du discours fonctionnel.

Sélection naturelle et explication mécaniste

Est-il facile de distinguer les explications fonctionnelles des explications darwiniennes (mécanistes) en biologie ? Nous vous proposons un exercice pratique avec l'exemple du placement des yeux sur la tête des mammifères selon qu'ils sont prédateur ou proie. Considérons la question : pourquoi un chat a-t-il les deux yeux positionnés sur le devant de la tête et une souris ses yeux sur les deux côtés ?

Première explication

Une proie aura besoin de maximiser son champ de vision afin de détecter précocement l'approche d'un prédateur. Le meilleur positionnement pour cette détection précoce est le placement des yeux sur les deux côtés de la tête. Avec cet arrangement une souris ou un cheval peut prétendre à un champ de vision horizontal qui approche



2. Champs de vision d'un chat et d'une souris (champ de vision binoculaire indiqué en hachures) Dessins originaux de Monique Bourguignon

les 360° (avec un champ de vision vertical assez important également)

Un chat, par contre, a un champ de vision relativement réduit, plus proche de 200° (sur l'horizontal) mais avec un champ de vision binoculaire (partie hachurée) beaucoup plus important qu'une souris.

Pour expliquer ceci, il faut se rappeler que les prédateurs par définition cherchent à attraper d'autres animaux, et que pour se faire ils ont besoin de les suivre en mouvement. La vision binoculaire est importante pour estimer correctement la distance d'un objet et sa vitesse de déplacement. Par conséquent, les yeux d'un prédateur sont placés sur le devant de la tête afin de maximiser le champ de vision binoculaire pour mieux localiser et attraper sa proie.

En général, les proies comme la souris sont phytophages et n'ont pas besoin d'une vision binoculaire large pour localiser et attraper leur alimentation. Le sens olfactif est beaucoup plus important pour ces animaux. Ce qui prime par rapport à la vision est la capacité de déceler l'approche d'un prédateur aussitôt que possible afin de fuir. Par conséquent, une souris, qui est une proie, a les yeux situés sur les côtés de la tête afin de maximiser son champ de vision (voir Fig. 1).
Nous venons ici de donner une réponse en termes fonctionnels et cette explication est de type finaliste. Elle fait appel à l'utilité d'un champ de vision large ou étroit en rapport avec le comportement alimentaire.

Mais il existe une réponse mécaniste à cette question de placement des yeux sur la tête d'un chat ou d'une souris : il s'agit de la sélection naturelle. L'important ici n'est pas d'accepter que la sélection naturelle donne la bonne réponse à la question de l'emplacement des yeux. Il peut très bien y avoir d'autres facteurs qui interviennent, mais il est important de comprendre que l'explication qui est donnée par la sélection naturelle peut être mécaniste de bout en bout.

Seconde explication : explication mécaniste (ou darwinienne)

Dans le cas de la souris, en gardant en tête qu'elle serait de la même forme que pour le chat, l'explication par la sélection naturelle est la suivante : parmi les

ancêtres de la souris moderne il existait une variation dans le placement des yeux sur la tête des individus. Ce placement conférait un avantage dans la lutte pour la survie ou pas. Ceux qui avaient un placement des yeux qui donnait un avantage dans la lutte pour la survie (en combinaison avec tous les autres traits qui constituaient le corps de ces individus et dans l'environnement où ils vivaient) survivaient plus longtemps et se reproduisaient plus fréquemment que les autres. Ce mécanisme se répétant de génération en génération, le trait qui apportait un avantage dans la lutte pour la survie (en ce cas, le placement des yeux sur la tête) s'est propagé dans la population. Voilà la raison pour laquelle les souris ont les yeux sur les deux côtés de la tête (avec une variation toujours existante car même aujourd'hui il n'y a probablement pas deux souris avec un placement identique des deux yeux sur la tête).
Notons bien, et c'est là le point essentiel, que nous avons évité dans cette explication toute référence à une fonction quelconque du placement des yeux (ou même des yeux eux-mêmes). Nous imaginons bien que la plupart des biologistes en donnant une telle explication vont glisser vers l'utilité (supposé) du placement des yeux, mais le point important pour notre argument est qu'un tel recours à la fonction des yeux ou à leur placement n'est pas, en principe, nécessaire pour présenter l'explication en termes de sélection naturelle.

Par contre, au niveau d'arguments en faveur (ou contre) la sélection naturelle, nous allons être amenés inévitablement à prendre en compte ce genre de considération.

Avec cet exemple nous ne voulons pas disqualifier la première explication en faveur de la deuxième, nous voulons simplement expliciter ce qui est implicite dans ces deux explications. La première est fonctionnelle, la seconde est mécaniste, et il s'agit de deux types d'explication différents du même phénomène biologique. En pratiquant régulièrement ce genre d'analyse (l'explication que je suis en train de donner aux élèves est-elle fonctionnelle ou mécaniste?) vous pouvez aider vos élèves à mieux identifier les pièges finalistes dans leur maniement des arguments autour de la sélection naturelle.

Conclusion

Les explications fonctionnelles sont omniprésentes dans les sciences du vivant et leur enseignement. Elles apparaissent, comme « un outil intellectuel spontané »[9] pour le chercheur et également pour l'enseignant. Le propos de cet article n'est pas de prôner leur disparition (elles ont leur place dans le discours scientifique) mais de faire prendre conscience aux enseignants de la portée finaliste intrinsèque des explications fonctionnelles. Exposées sans précaution, elles peuvent s'avérer contre-productives notamment dans l'enseignement de l'évolution et en particulier de la sélection naturelle. Les élèves sont majoritairement enclins à une vision téléologique de

(9) Armand de Ricqlès, *séminaire : la notion de fonction : des sciences de la vie à la technologie,* 21-23 mai 2008, Université Paris I Panthéon Sorbonne

l'évolution et dans ce domaine le discours explicatif ne doit pas laisser de place à 9l'ambiguïté. Si un élève préfère une explication finaliste de l'existence et de la diversité de la vie sur terre (et de la surprenante adaptation des êtres vivants à leur environnement) nous pensons que cela doit être un choix conscient de sa part et ne pas être en partie le résultat du fait qu'il n'a pas compris que la sélection naturelle en offre une explication alternative non téléologique.

Éléments de bibliographie

COQUIDÉ M. & TIRARD S. - *L'évolution du vivant : un enseignement à risque ?* - Paris, Vuibert : ADAPT-SNES, 2009

GAYON J., RICQLÈS A. de, & MOSSIO M. - *Les fonctions des organismes aux artefacts* - Paris, Presses universitaires de France, 2010

Morange M. - *La vie expliquée ? : 50 ans après la double hélice* - Paris, O. Jacob, 2003

SALMON W. C. - *Four decades of scientific explanation* - Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2006

Ministère de l'Education Nationale - Programme de l'enseignement spécifique et de la spécialité de SVT. Classe terminale de la série scientifique - Bulletin Officiel spécial de l'éducation nationale, 13 octobre 2011, n° 8

Ministère de l'Education Nationale - Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de première de la série scientifique - Bulletin Officiel spécial de l'éducation nationale, 30 septembre 2010, n° 9

Ministère de l'Education Nationale - Programme de sciences de la vie et de la terre de la classe de seconde générale et technologique - Bulletin Officiel spécial de l'éducation nationale, 29 avril 2010, n° 4

■