

Recherches en didactique de la Biologie consacrées à l'évolution biologique

Jacques MIGNON et Jean-Louis CLOSSET *

PROBIO-REVUE, 2004, n°4

Sommaire

Introduction

Une approche épistémologique

Les représentations des élèves

Synthèse bibliographique des recherches liées à l'enseignement de l'évolution

Que pouvons-nous tirer de ces recherches ?

Conclusions et perspectives

Bibliographie

Introduction

L'homme s'est toujours interrogé sur la nature qui l'entoure, sur lui-même et sur ses origines. Ces questions l'ont conduit à émettre différentes hypothèses que, dans un premier temps, il ne put ni infirmer, ni confirmer. Cependant, la question des origines a trouvé récemment des éléments pertinents de réponse au travers de preuves attestant de l'évolution des êtres vivants. Aussi, la science moderne s'efforce-t-elle d'établir une théorie explicative de cette évolution. Par une succession de résolutions de problèmes, l'homme s'est ainsi construit son savoir, parfois qualifié de savoir officiel ou de savoir scientifique. Mettant en oeuvre différents concepts, ce savoir intègre un ensemble de systèmes explicatifs qui permettent à l'homme d'agir sur la nature et de la comprendre.

Dès son plus jeune âge, l'enfant se trouve également confronté à un monde qui l'interroge. Il va rapidement être en présence d'illustrations de dinosaures ou d'hommes des cavernes au travers d'ouvrages de fiction ou de vulgarisation (bandes dessinées, livres, films, etc.). Il se rendra progressivement compte d'un monde du passé qui est différent du monde actuel, il cherchera plus tard à répondre à différentes questions sur son passé, l'histoire de l'homme, des animaux et de la terre. Les réponses fournies par l'observation du monde qui l'entoure seront basées sur un nombre très réduit d'observations et constitueront le savoir commun. Cette vision idiosyncratique constituera donc un système explicatif qui sera prédictif dans les limites restreintes des besoins quotidiens de l'individu qui l'a construit.

L'enseignement explicite du chapitre de la biologie consacré à l'évolution des espèces est classiquement programmé en fin d'enseignement secondaire, à des étudiants d'environ dix-huit ans. L'apprenant abordera de ce fait la nouvelle matière en "connaissant" déjà quelque chose. Il s'agira donc tout autant pour lui d'acquérir un

* Faculté universitaire des Sciences agronomiques, B-5030, Gembloux.

nouveau mode de connaissance que d'acquérir une nouvelle connaissance. Aussi, il aura toujours tendance à insérer l'acquis récent dans le cadre de référence ancien - de replacer la connaissance scientifique dans ce que nous avons appelé la connaissance commune : ceci constitue l'obstacle épistémologique au saut nécessaire vers le mode de la connaissance scientifique.

Même peu de temps après l'enseignement d'une matière, il est fréquent que la connaissance commune de l'apprenant redevienne dominante : l'enseignement n'atteignant qu'un succès immédiat, perturbé lorsqu'on modifie les conditions qui furent celles de l'apprentissage. De nombreux didacticiens de la biologie ont illustré cette résurgence de la connaissance commune puis ils se sont intéressés à ce savoir commun pour mieux le connaître, pour mieux en connaître les origines et pour ensuite définir des moyens pédagogiques susceptibles de faciliter le passage au mode de la connaissance scientifique. Certains ont ainsi parfois proposé et testé différentes séquences d'enseignement.

Ayant largement observé la persistance de représentations lamarckiennes de l'évolution chez des étudiants de première candidature en sciences agronomiques, nous nous sommes interrogés sur les conditions d'apprentissage et sur les obstacles faisant frein à l'acquisition durable de la connaissance scientifique. Conscients des difficultés rencontrées par les professeurs de Biologie, nous poursuivons ici l'objectif d'établir un relevé critique des principales recherches, en didactique, qui ont été consacrées au concept d'évolution biologique. Par cette démarche, nous espérons répondre à quelques interrogations ponctuelles mais surtout jeter les bases d'une réflexion générale sur l'importance que doivent avoir les références évolutives dans le cadre des cours de biologie. Avant tout, il nous semble important de rappeler sommairement le cadre général des recherches menées en didactique de la biologie.

Une approche épistémologique

Discipline clé de la didactique, l'épistémologie vise à étudier la manière dont les savoirs sont construits, se construisent et fonctionnent; que ce soit la construction des connaissances que nous bâtissons ou la construction des savoirs que nous apprenons. L'épistémologie de la biologie étudiera donc d'une part, la manière dont les biologistes bâtissent leurs connaissances (expériences, modélisations, etc.) et d'autre part, la manière dont les étudiants apprennent les savoirs propres à la biologie (représentations, conceptualisations, etc.).

Nous ne développerons pas ici l'approche historique. Nous nous focaliserons sur l'étude des représentations des élèves comme obstacles épistémologiques et sur le large champ des modifications conceptuelles.

Dans le langage courant, même si les usages ne sont pas fort standardisés, les termes de notion et de concept sont le plus souvent utilisés dans des sens légèrement différents. Le terme " notion " se réfère généralement à une catégorie quotidienne que l'on n'estime pas utile de trop modéliser, et dont le contenu ou les contours conservent une part de flou. Le terme " concept " prend lui un sens plus technique et restrictif dans un cadre théorique standardisé, assez précis. C'est la conceptualisation qui caractérise cette élaboration théorique. Depuis près de vingt ans, de nombreux didacticiens ont pris l'habitude de rattacher la notion à la connaissance commune et le concept à la connaissance scientifique (8).

Les concepts ne prennent vraiment leur sens et ne déploient leur efficacité que lorsqu'ils s'articulent au sein d'une théorie. L'établissement d'une théorie structure les savoirs dont on dispose de façon à ce qu'ils puissent être synthétisés et utilisés. Avec le temps, des informations nouvelles apparaissent et ces données nouvelles remettent éventuellement en cause les théories existantes. Les étudiants doivent donc prendre conscience qu'une théorie n'est jamais "prouvée", mais qu'elle peut être acceptée, au moins provisoirement. Dans notre propos, la théorie synthétique de l'évolution constitue l'aboutissement provisoire de la démarche scientifique. Elle doit donc être testée, éprouvée, afin de mettre en évidence ses limites et, le cas échéant, d'aménager de nouveaux modèles.

L'approche épistémologique nous amène à aborder la notion de "rupture épistémologique". Celle-ci tend à fonder la distinction entre le discours de la vie quotidienne et le discours scientifique (ou parfois aussi celui d'une profession) (22). Cette rupture constitue généralement un obstacle qu'il n'est pas aisé de franchir, et très rapidement, les didacticiens de la biologie ont compris l'importance d'étudier ce discours de la vie quotidienne au travers des représentations des élèves.

Les représentations des élèves

Envisager la question des représentations des élèves, c'est aborder une grande part des préoccupations des chercheurs en didactique. Depuis une vingtaine d'années, de très nombreuses études ont été consacrées au thème général des représentations. Nous le verrons, beaucoup ont cherché et cherchent à décrire les "conceptions alternatives" des étudiants mais peu se sont préoccupés d'étudier comment ces conceptions et ces raisonnements se développent, et comment l'âge et l'instruction les modifient (52).

Bien que non acceptés de tous (32), la majorité des travaux sur le développement de la pensée de l'enfant montrent que les élèves qui viennent aux cours de sciences ont des idées, des attentes, des croyances qu'ils ont développées pour donner un sens à leurs propres expériences. Ces structures alternatives exercent une influence sur l'efficacité des programmes scolaires formels (18). Il était donc indispensable de s'intéresser aux obstacles constitués par ces représentations, non pas pour les éviter et les gommer, mais pour les rencontrer et s'en servir comme tremplin pédagogique (7).

Pour définir plus précisément la notion d'obstacle épistémologique, nous devons nécessairement nous tourner vers les travaux de Bachelard (1884-1962). Développant l'idée selon laquelle toute connaissance (des scientifiques et des étudiants) se construit sur un savoir antérieur, il écrit : "C'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. C'est dans l'acte même de connaître que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous distinguerons des causes d'inertie que nous appellerons obstacles épistémologiques" (1938). Dans cette logique, la science devrait donc être pensée davantage en termes de rupture qu'en termes de continuité.

Durant les années 1980, paraissent différentes publications consacrées aux représentations. Nous pouvons les classer en trois catégories sur base des objectifs que se sont fixés les auteurs :

- Informer de l'existence puis de l'intérêt de tenir compte des représentations : (a) le chercheur en science de l'éducation, le didacticien

et l'enseignant ne peuvent ignorer l'importance du rôle joué par les représentations des élèves en science (18 ; 45) ; (b) des représentations similaires s'observent dans différents pays ; (c) ces représentations présentent une tendance à ressembler aux anciennes idées scientifiques (44) (Benseghir & Closset, 1996) ;

- Rechercher des méthodes d'étude et d'analyse des représentations (40 ; 37 ; 57 ; 31) ;
- Proposer des modèles d'apprentissage des changements conceptuels. Le modèle proposé par Posner *et al.* (1982) fait aujourd'hui toujours référence. Il repose sur l'existence de modifications conceptuelles brusques, par saut unique ou par paliers. Hewson (1981), qui travaille avec Posner, présente en avant-première ce modèle d'apprentissage des changements conceptuels :

Les conceptions existantes d'une personne sont en conflit avec une nouvelle conception.

Pour que la nouvelle conception remplace les anciennes, quatre conditions sont à satisfaire :

- Il doit y avoir quelques insatisfactions vis-à-vis des anciennes conceptions ;
- La nouvelle conception doit être intelligible (sensée et logique) ;
- La nouvelle conception doit être directement plausible (rendant compte du monde) ;
- La nouvelle conception doit être fructueuse (avantageuse, aidant à la compréhension).

Aujourd'hui, certains chercheurs (16) pensent qu'il existe en réalité des modifications conceptuelles beaucoup plus progressives que celles sur lesquelles se base le modèle de Posner et ses collaborateurs. De nouvelles recherches doivent être entreprises pour en comprendre les fondements et mettre au point des stratégies permettant de les favoriser.

Nous avons évoqué cette caractéristique des représentations d'être parfois fort semblables aux anciennes conceptions scientifiques. Se pose dès lors la question : " la phylogenèse récapitule-t-elle l'ontogenèse ? ". Les réponses divergent généralement en fonction des concepts étudiés. Cependant, il est certain que les préoccupations et les conditions de travail des hommes de science du passé ne sont pas les mêmes que celles des étudiants d'aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, l'étude des obstacles épistémologiques rencontrés par les hommes de sciences et l'histoire des sciences en général est toujours éclairante.

Sur base des idées de Bachelard (1938), les didacticiens ayant étudié les représentations des élèves ont cherché à détruire les raisonnements naturels pour en reconstruire de nouveaux. Plus récemment, Closset (1983) relativise les propositions de Bachelard qu'il qualifie d'utopiques suite au caractère apparemment indestructible des représentations premières. Il propose de les faire évoluer en les modifiant progressivement et pense qu'il est nécessaire d'identifier les différents raisonnements naturels, d'en préciser les fonctionnalités et de les traiter séparément. Pour ce faire, il distingue :

- les représentations pleinement compatibles avec la connaissance scientifique et qui en constituent un sous-ensemble: elles devraient être privilégiées par l'enseignement;

- les représentations illégitimes au regard du savoir savant mais qui, encadrées par l'expérience et le contact direct avec le réel, conduisent à des prévisions correctes et sont utiles voir indispensables: il n'y aurait aucune raison d'en changer ou de les détruire;
- les représentations engendrant l'erreur parce qu'utilisées en dehors des situations pour lesquelles elles étaient opératoires: l'étudiant devrait apprendre à discerner ces situations au travers des limites de son mode de raisonnement.

Synthèse bibliographique des recherches liées à l'enseignement de l'évolution

Avant d'entamer la revue des recherches liées à l'enseignement de l'évolution, nous débutons par la présentation sommaire de quelques recherches consacrées à deux concepts importants (il y en a de nombreux autres) intégrant une dimension évolutive : le vivant et l'écologie.

Le concept de vie et la caractérisation des représentations du vivant chez les élèves ont été étudiés par Nury *et al.* (1996) et Rolland et Marzin (1996). Voici quelques unes des difficultés rencontrées : (a) le passage à une conception analytique et pluraliste de la vie ; (b) l'attribution de la vie aux végétaux et aux germes (oeufs et graines) ; (c) la désanimation des objets mécaniques (robot) et des éléments naturels (vent) ; (d) l'unicité du monde vivant. Notons que ce concept de vie constitue certainement le concept préalable à toutes les études en didactique de la biologie !

Le second champ expérimental interférant partiellement avec nos préoccupations concerne la majorité des concepts liés à l'écologie. Paton (1993) a essentiellement étudié l'organisation d'un biosystème dans un cadre théorique et sous une approche systémique. De leur côté, Leach *et al.* (1995, 1996a, 1996b) ont étudié les représentations des enfants de 5 à 16 ans à propos du cycle de la matière ainsi que l'interdépendance des organismes dans l'écosystème. Ils notent que :

- entre 5 et 7 ans, beaucoup de jeunes conçoivent les organismes comme individus plutôt qu'en tant que membres d'une population. La dépendance à l'homme et l'anthropomorphisme sont également très marqués ;
- vers 7 ans, l'enfant commence à prendre conscience que les animaux n'ont pas besoin de l'homme pour assurer leurs besoins. Il ne considère pas les ressources alimentaires comme peu abondantes et n'envisage donc pas de compétition entre individus d'une même population ;
- vers, et à partir de 9 ans, se développent divers points de vue à propos des relations entre organismes d'une même population (espèce), le taux de reproduction est parfois bien assimilé, les populations des niveaux trophiques inférieurs sont considérées comme plus importantes pour *satisfaire* les organismes des niveaux supérieurs, les populations de niveaux supérieurs sont parfois considérées comme faibles suite au manque relatif de ressources alimentaires ;
- vers 16 ans, un petit nombre d'élèves fournissent des explications en termes de compétition entre organismes pour des ressources *énergétiques* (pas simplement alimentaires).

Rumelhard (1989) rappelle l'importance du concept biologique de milieu. Il insiste sur l'interdisciplinarité et la multiplicité de sens de la " notion " de milieu. Dans l'approche

évolutive, le milieu doit être considéré comme concept des relations des êtres vivants *entre eux* (idée introduite par Darwin) et avec les facteurs mécaniques, physiques et chimiques. Pour Galletti (1990), les trois concepts désignés aujourd'hui par les mots "évolution", "milieu" et "cellule", ont été élaborés dans un même contexte historique: celui où les progrès de la connaissance du monde vivant, actuel et fossile, rendaient de plus en plus douteuses la fixité et l'indépendance d'origine des espèces.

Après ce bref aperçu des études liées au vivant et à l'écologie, attardons-nous sur les recherches s'inscrivant dans le cadre général de l'évolution.

Ces dix dernières années, de nombreuses recherches empiriques sur les conceptions des étudiants à propos de l'évolution biologique ont vu le jour. Ceci est probablement dû à l'importance de la conception évolutive dans l'étude des phénomènes biologiques mais aussi suite aux récentes publications scientifiques faisant la synthèse de ce récent chapitre de l'histoire des sciences (20). Pour illustrer la progression dans les préoccupations des chercheurs en didactique de la biologie, nous présenterons leurs principales contributions par ordre chronologique de publication (Tableau 1). Nous nous efforcerons de les synthétiser, de présenter un état actuel de la question et d'en prélever quelques perspectives de recherches. Bien que parfois très éclairantes, nous avons volontairement négligé les recherches des premiers praticiens et didacticiens de la biologie qui se sont intéressés à l'enseignement de l'évolution biologique. Le lecteur qui serait intéressé par ces données pourra entre autres se référer aux publications de Angseesing & Sutton (1975), Thomas (1976), Fry (1977), Deadman & Kelly (1978) et Angseesing (1978).

Halldén présente en 1988 une synthèse des recherches et des hypothèses développées dans les années 1980. Celles-ci mettent en évidence trois types d'explications fournies par les étudiants lorsqu'ils doivent décrire la formation des espèces : (a) chaque espèce a sa propre place et des fonctions spécifiques à remplir (explication téléologique : tournée vers la finalité), (b) la spéciation est un processus intentionnel (explication lamarckienne), (c) la sélection agit sur des variations intra-spécifiques (explication darwinienne). Pour Halldén, la grosse difficulté des étudiants est considérée comme étant la non référence à la diversité intra-spécifique. Proposition est faite que le cours de génétique (généralement programmé juste avant l'évolution dans le cursus du secondaire) aide davantage les étudiants à comprendre le rôle joué par ces variations intra-spécifiques dans l'évolution. En effet, la génétique doit être capable de fournir des arguments contre les thèses lamarckiennes et doit mettre en évidence la variabilité au sein de l'espèce (importance capitale dans la théorie darwinienne de la sélection naturelle). De plus, la génétique doit impérativement aider les étudiants à comprendre quels caractères sont hérités et comment ils sont hérités.

En 1990, la publication de Bishop et Anderson est très éclairante. Les auteurs ont cherché d'une part à identifier les conceptions des étudiants (collégiens) à propos de l'évolution, d'autre part à vérifier l'efficacité d'un module d'enseignement qu'ils ont conçu en 1985 et axé essentiellement sur les modifications conceptuelles. Pour ce faire, ils ont soumis les étudiants à un pré-test et un post-test écrits (questions ouvertes et questions à choix multiples). Ils concluent que les étudiants ont une pensée différente de la théorie des biologistes : (a) les modifications sont attribuées à des processus adaptatifs axés sur le besoin plutôt que sur le hasard des mutations génétiques et des recombinaisons, (b) ils ne prêtent attention ni aux variations au sein de la population, ni aux différences de succès reproductif, (c) les caractères sont considérés comme se modifiant

progressivement chez tous les membres de la population. Le post-test, destiné à évaluer l'efficacité du module de cours spécialement conçu par les chercheurs, a permis de déceler une faible augmentation de la compréhension des étudiants à propos des processus de l'évolution. Peu de perspectives de recherche sont envisagées. Le constat est simplement fait que (a) le concept d'évolution par sélection naturelle est plus difficile à appréhender par les étudiants que ne l'imaginent les biologistes et (b) qu'une modification des conceptions initiales des étudiants est possible lorsque l'enseignant est bien préparé à les affronter, mais pas avec la méthode ici utilisée. La publication présente l'intérêt non négligeable de proposer un test diagnostique relativement efficace et facile à utiliser. Il sera en effet repris partiellement ou intégralement dans les études de Settlege, 1994 et Demastes *et al.* 1995a et b, 1996.

Tamir et Zohar (1991) ont étudié l'importance de l'anthropomorphisme et de la téléologie lorsque des étudiants et des enseignants raisonnent à propos de divers phénomènes biologiques. A propos de l'évolution, ils notent un raisonnement téléologique chez plus de 50% des étudiants de 17 ans. De plus, peu d'étudiants réalisent qu'il faut des millions d'années pour qu'il y ait apparition des modifications évolutives. De même, le mécanisme de la sélection naturelle ne semble compris que par un tiers des élèves.

Jiménez-Aleixandre (1992) teste l'efficacité d'un enseignement spécialement ciblé sur le problème engendré par la confusion entre les deux explications contrastées que sont les idées darwiniennes de l'évolution et les idées de Lamarck, couramment utilisées comme alternatives par les étudiants. Les étudiants doivent se rendre compte de l'incompatibilité des deux explications. Dans une classe, les étudiants confrontent les idées de Lamarck et de Darwin, dans l'autre classe, ils confrontent leurs idées lamarckiennes aux idées darwiniennes. Le groupe témoin diffère donc du groupe expérimental par l'absence de discussions de classe sur les conceptions initiales des étudiants. La démarche est accompagnée d'un pré-test et des deux post-tests réalisés 15 jours et 1 an après la séquence d'enseignement. Dans les deux post-tests, les étudiants du groupe expérimental ont nettement mieux répondu que les membres du groupe témoin. La séquence axée sur la discussion des conceptions initiales des étudiants a engendré une capacité à long terme d'effectuer des transferts de connaissances. Le but majeur de tout enseignement scientifique semble être atteint ! Jiménez-Aleixandre relativise pourtant ces résultats en précisant qu'ils ne concernent qu'une étude particulière qui devrait être réalisée sur d'autres populations d'élèves. De plus, l'auteur précise que la séquence s'est étalée sur huit périodes à la place de 2 ou 3 généralement consacrées à cette partie de la matière.

Tableau 1: Principales publications en sciences de l'éducation consacrées à l'évolution

Auteurs	Titres
Halldén, 1988 Bishop & Anderson, 1990 Jiménez-Aleixandre, 1992 Fortin, 1993	- The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives - Student conceptions of natural selection and its role in evolution - Thinking about theories or thinking with theories ? : a classroom study with natural selection - Etude épistémologique sur la construction des concepts évolutionnistes et les difficultés d'une transposition didactique
1994 - Special issue of Cummins <i>et al.</i>	- "Journal of Research in Science Teaching" - Evolution : Biological education's under-researched unifying

Settlage	theme
Trowbridge & Wandersee	- Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process
Swarts <i>et al.</i>	- Identifying critical junctures in learning in a college course on evolution
Jeffery & Roach	- Evolution in secondary school biology textbooks of the PRC, the USA, and the latter stages of the USSR
Jiménez Aleixandre	- A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks
Bizzo	- Teaching evolution and natural selection : a look at textbooks and teachers
Zuzovsky	- From down house landlord to brazilian high school students : What has happened to evolutionary knowledge on the way ?
Duveen & Solomon	- Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers
Cobern	- The great evolution trial: Use of role-play in the classroom
Smith	- Point : Belief, understanding, and the teaching of evolution
	- Counterpoint : Belief, understanding, and the teaching of evolution
Jensen & Finley, 1995	- Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy
Demastes <i>et al.</i> , 1995	- Students' conceptions of natural selection and its role in evolution : case of replication and comparison
Demastes <i>et al.</i> , 1995	- Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution
Moody, 1996	- Evolution and the textbook structure of biology
Demastes <i>et al.</i> , 1996	- Patterns of conceptual change in evolution
Jensen & Finley, 1996	- Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies
Roth & Alexander, 1997	- The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies
Dagher & BouJaoude, 1997	- Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution
Yip, 1998	- Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning
Ferrari & Chi, 1998	- The nature of naive explanations of natural selection

La thèse réalisée en 1993 par Fortin (Univ. Paris VII) est très intéressante car elle s'inscrit dans le champ de la recherche curriculaire. En outre, elle présente pour nous l'intérêt non négligeable d'être consacrée aux programmes de biologie du secondaire, en France. Nous en présentons ci-après le résumé proposé par Rumelhard, en 1993, dans *Biologie-Géologie* : "L'enseignement de l'évolution en France est marginalisé tout au long des programmes de biologie du secondaire. La mise à l'écart de la biologie de l'évolution apparaît comme la conséquence d'une conception positive de la pédagogie en Sciences expérimentales. En effet, les instructions officielles donnent comme directives pédagogiques de présenter les faits d'évolution indépendamment des théories évolutionnistes. La progression pédagogique actuellement adoptée conduit inévitablement à abandonner toute problématique scientifique qui fonde les théories, et laisse supposer à l'apprenant que l'évolution n'a pas de réalité objective (mais n'est qu'une simple spéculation). L'absence de relations conceptuelles entre problématique scientifique et faits a pour résultat que l'élève se construit sa propre vérité sur l'histoire de la vie comme on se construit une croyance: certains croient à l'évolution, d'autres pas."

Nous reprendrons de Cummins *et al.* (1994) l'essentiel des recherches colligées en

1994 dans le numéro spécial du *Journal of Research in Science Teaching* consacré à l'étude et à l'enseignement de l'évolution biologique.

Les travaux de Settlage (1994) et ceux de Trowbridge et Wandersee (1994) sont consacrés à l'étude des conceptions des étudiants à propos de l'évolution et aux obstacles que représentent les conceptions alternatives. Ces deux études montrent également qu'un enseignement adapté permet de modifier certaines de ces conceptions alternatives.

L'analyse des livres scolaires présentant l'évolution a été réalisée pour différents niveaux scolaires et différents pays. Bien que les livrets scolaires soient d'un intérêt capital pour l'enseignement, nous ne détaillerons pas ici les contributions de Swarts *et al.* (1994), de Jeffery and Roach (1994) et de Jiménez-Aleixandre (1994). Elles mettent en évidence (a) la diversité des approches adoptées, (b) la présence de "protoconcepts" et de formulations ambiguës ou erronées de certains concepts, (c) la présentation superficielle de certaines idées clés et (d) un manque d'attention portée aux conceptions alternatives.

Une partie des recherches de Jiménez-Aleixandre (1994) et celles de Zuzovsky (1994) sont consacrées aux conceptions évolutives des enseignants et des futurs enseignants. Ils recommandent des formations axées sur la prise en considération des conceptions des élèves ainsi que sur les processus favorisant les modifications conceptuelles.

Les articles de Bizzo (1994) et de Duveen et Solomon (1994) abordent les aspects historique et contextuel de la théorie darwinienne de l'évolution. Bizzo fait différentes observations originales sur les conceptions des étudiants : (a) l'évolution biologique n'est pas clairement distinguée de l'évolution culturelle, (b) la compétition est interprétée comme de la pure violence parfois inévitable, (c) l'adaptation est considérée comme un processus individuel intervenant au cours de la vie de l'individu. Au cours de leurs recherches, Duveen et Solomon (1994) ont conçu et testé un jeu de rôle sur "le grand procès de l'évolution". Les étudiants se retrouvent au temps de Darwin, juste après la publication de *The Origin of Species*, supposée être blasphématoire. Ce jeu de rôle est conçu pour être préparé et joué par les étudiants en une heure, après l'enseignement du chapitre consacré à l'évolution. Aucune donnée expérimentale ne quantifie l'intérêt et l'efficacité de l'approche proposée. Au même titre que Settlage (1994) et que Trowbridge et Wandersee (1994), Duveen et Solomon (1994) proposent néanmoins une méthode directement applicable pour améliorer l'enseignement de l'évolution.

Les commentaires et les critiques formulés par Cobern (1994) et par Smith (1994) abordent le sujet parfois délicat de la "croyance" en la théorie évolutive et les conflits que cela peut engendrer au niveau des conceptions religieuses. Smith présente quatre points importants visant au respect des croyances et des conceptions personnelles des étudiants. Il faut (a) connaître les étudiants (culture, vécu personnel, capacité cognitive, croyance religieuse, etc.), (b) profiter de cette connaissance pour aborder la "nature des sciences" et la distinguer du non scientifique, (c) entamer l'étude de l'évolution en relativisant l'implication culturelle et religieuse de celle-ci, et (d) présenter les risques d'incompatibilité entre la théorie de l'évolution et certaines doctrines religieuses imposant une croyance en la traduction littérale de la Bible (exemple de l'âge de la terre).

Sur base des résultats mitigés de Bishop et Anderson (1990) ainsi que ceux de

Jiménez-Aleixandre (1992), Jensen et Finley (1995) examinent les effets (pré-test et post-test) d'un enseignement de courte durée axé sur l'histoire des conceptions évolutionnistes et conçu selon le modèle de Posner *et al.* (1982). Bien qu'ayant obtenu des résultats très encourageants, les auteurs identifient différents problèmes et formulent deux suggestions d'amélioration : (a) vu la complexité et l'importance de l'évolution en biologie, un temps d'instruction accru doit être consacré au sujet ; (b) ce gain de temps doit permettre la mise en place de stratégies favorisant les modifications conceptuelles.

Demastes *et al.* (1995a) reprennent exactement la démarche de Bishop et Anderson (1990) afin de la comparer à une démarche basée sur une approche curieuse des sciences : travaux manuels et séquences filmées. Les tests diagnostiques utilisés sont également ceux proposés par Bishop et Anderson. Comparé aux résultats présentés en 1990, l'enseignement basé sur les modifications conceptuelles (servant ici de témoin) a montré une faible efficacité alors que l'approche curieuse de l'évolution a donné d'excellents résultats aux post-tests. Ce résultat ne surprend guère lorsqu'on sait que la séquence-témoin s'est déroulée sur une semaine alors que l'approche curieuse a demandé 6 semaines et a permis de nombreuses interactions entre étudiants ! Les conclusions, inspirées de Jiménez-Aleixandre (1992) : la durée de l'instruction et la période entre chaque module (cours) constituent probablement des facteurs limitants des modifications conceptuelles !

Les recherches présentées par Demastes *et al.* (1995b) sont axées dans le champ des modifications conceptuelles. Elles mettent en évidence que les modifications conceptuelles ne reposent pas uniquement sur des facteurs cognitifs mais reposent parfois sur des bases affectives de nature extralogique : émotions, motivations, confiance en l'enseignant.

Moody (1996) analyse l'importance de "l'évolution" dans les livres de biologie publiés aux Etats-Unis. A partir de 1990, il observe non seulement une nette augmentation dans l'importance des chapitres consacrés à l'évolution, mais aussi l'apparition de livres de biologie structurant l'ensemble de leurs chapitres sur base de l'approche évolutive.

La publication de Demastes *et al.*, en 1996, est très intéressante, non parce qu'elle est consacrée à l'évolution, mais parce qu'elle offre une autre vision des modifications conceptuelles au sens large. En effet, contrairement au très célèbre modèle de modifications conceptuelles ("Conceptual Change Model") mis au point par Posner *et al.* (1982), cette recherche propose l'existence, non pas de deux types de modifications conceptuelles, mais bien de quatre types :

- En cascade, par sauts successifs (également chez Posner *et al.*, 1982)
- Du tout au tout, en une étape (également chez Posner *et al.*, 1982)
- Progressivement, par glissement
- Par construction de conceptions alternatives et maintien partiel des conceptions initiales.

Nous le voyons, ces auteurs proposent l'existence de modifications conceptuelles plus douces, plus subtiles, parfois moins logiques et plus étalées dans le temps que celles décrites en 1982. Si d'autres observations, dans différents domaines des sciences, viennent corroborer cette nouvelle vision des modifications conceptuelles, il faudra modifier notre vision des restructurations cognitives et revoir le modèle, aujourd'hui largement utilisé, de Posner *et al.* (1982). Notons que l'idée des modifications

conceptuelles douces est entièrement compatible avec le mécanisme piagétien d'assimilation / accommodation. Closset (1992) parle à ce propos de " chemin cognitif " le long duquel les modes de raisonnement peuvent être hiérarchisés et constitueraient en quelque sorte un passage obligé dans la construction de la connaissance scientifique.

A l'aide d'un pré-test et d'un post-test, Jensen et Finley (1996) étudient l'efficacité de quatre enseignements différents consacrés à l'évolution: (a) approche traditionnelle et instructions écrites, (b) approche historique et instructions écrites, (c) approche traditionnelle et résolution de problèmes, (d) approche historique et résolution de problèmes. Cette dernière approche a donné les résultats les plus concluants en terme d'utilisation des conceptions darwiniennes. Les étudiants ont cependant encore occasionnellement recours aux conceptions lamarckiennes. D'autres investigations devraient être menées pour en limiter l'usage, par exemple en analysant l'influence du temps dont dispose l'étudiant pour juger des avantages de la théorie darwinienne et des inconvénients du recours aux conceptions alternatives.

Se basant sur l'examen de cinquante livres consacrés à différentes disciplines de la biologie (évolution, biologie générale, écologie, génétique, paléontologie et systématique), Linhart (1997) tire la sonnette d'alarme car plus de vingt ans après la publication de Dobzhansky (1973) intitulée " Nothing in biology makes sense except in the light of evolution ", de nombreux ouvrages proposent encore une image déformée ou incomplète de l'évolution. Notons qu'il est probable que le même constat puisse être fait au niveau de la formation des maîtres !

Les études de Roth et Alexander (1997) au Canada et de Dagher et BouJaoude (1997) au Liban sont consacrées aux interactions entre visions scientifiques et croyances religieuses (respectivement catholiques et musulmanes). Chez nous, ces interactions semblent très réduites et ne constituent pas de véritables obstacles à l'apprentissage. Les auteurs précités insistent sur le fait qu'il ne faut ni négliger, ni cloisonner ces deux approches mais qu'il faut en débattre avec les étudiants.

Yip (1998) cherche à identifier différentes représentations erronées (" misconceptions ") chez des jeunes enseignants en biologie. A propos de l'évolution, il observe qu'une erreur fréquente des jeunes enseignants et des étudiants du secondaire consiste à considérer que les variations génétiques rendent les individus mieux adaptés à l'environnement. Un autre facteur sur lequel Yip insiste est l'introduction récente de l'évolution dans les programmes de biologie dans le secondaire. Les enseignants n'ont donc pas été préparés à cette tâche et il est probable que certaines " misconceptions " interfèrent avec l'enseignement donné. Au niveau des programmes de biologie, Yip recommande d'intégrer (a) l'évolution dans différents chapitres, par exemple pour interpréter la valeur adaptative de certains processus physiologiques et de certaines relations écologiques, ou (b) de considérer l'évolution comme le thème central organisant et structurant l'ensemble de la matière dispensée dans le cadre des cours de biologie.

Les recommandations de Ferrari et Chi (1998) sont plus restrictives : l'enseignant doit faire comprendre à l'étudiant que la sélection naturelle agit comme un régulateur d'équilibre et en aucun cas comme un générateur de diversité. Tout comme Demastes *et al.* (1995b), ils discutent du rôle important de la dimension affective dans les modifications conceptuelles.

Que pouvons-nous tirer de ces recherches ?

Au terme de cette étude bibliographique, différents éléments permettent de formuler des recommandations aux chercheurs et aux didacticiens mais aussi, et c'est là notre principal objectif, de faciliter, sur base expérimentale, la réflexion des praticiens s'intéressant à l'enseignement de l'évolution :

- Il ne faut pas limiter l'étude de l'évolution à un chapitre du cours de biologie. La dimension évolutive doit être présente par exemple dans les chapitres consacrés à la génétique, l'écologie et la physiologie. D'autre part, une séquence d'enseignement consacrée à l'évolution doit intégrer des concepts et des exemples empruntés à ces disciplines.
- Il est essentiel de partir des représentations des étudiants pour construire son enseignement. Bien entendu, cette démarche aura pour effet de renforcer la motivation des étudiants (dimension affective), mais surtout, cela les aidera à se rendre compte des limites de leurs raisonnements.
- Réserver une part de son enseignement à l'aspect historique de la mise au point de la théorie de l'évolution permet, par une démarche unique, de rencontrer différents obstacles épistémologiques et faciliter ainsi le passage au mode de la connaissance scientifique: réfutation des autres conceptions, établissement des limites des théories émises, prise en compte de l'existence d'une opposition religieuse, mise en évidence de l'importance capitale des découvertes génétiques, etc.
- Pour faire sens et renforcer la motivation des étudiants, un enseignement doit veiller à répondre à des questions. Faire la démarche de travailler sur base de résolutions de problèmes poussera les étudiants à la réflexion, mettra en évidence les limites conceptuelles de certaines représentations et permettra entre autres de tester l'efficacité de la théorie évolutive. Cette approche est indissociable de la suivante.
- Les étudiants gagneront toujours à partager leurs découvertes, à discuter leurs opinions et à chercher ensemble. L'enseignant veillera à les guider sans être trop directif. Avant de se lancer dans un enseignement axé sur le projet ou sur la résolution de problèmes, il est important de se documenter sur ce type de pédagogie.

Jusqu'à présent, les diverses séquences d'enseignement mises au point n'ont montré qu'une efficacité relative. Pour augmenter cette efficacité, il faudra prendre en compte l'ensemble des différents facteurs dégagés ci-dessus mais aussi veiller à instaurer au sein de la classe un "climat" propice aux modifications conceptuelles. Ceci ne pourra se faire que si l'enseignant est bien préparé à cette tâche, s'il maîtrise sa matière et si il est formé aux modèles de modifications conceptuelles. Rappelons que Demastes *et al.* (1996) ont proposé des modèles basés sur des modifications conceptuelles progressives. Différentes études visant à étayer cette thèse doivent encore être réalisées, de même que des recherches sont à mener pour étudier les modifications conceptuelles à long terme et quantifier l'influence du temps d'apprentissage.

Conclusions et perspectives

La nécessité de prendre en compte les représentations des élèves à propos des contenus d'enseignement apparaît aujourd'hui largement partagée par les chercheurs en didactique des sciences. Par contre, la complexité des processus d'apprentissage

des sciences laisse apparaître la fragilité du cadre théorique de la didactique : elle ne parvient pas encore à élaborer des stratégies pédagogiques ainsi que des stratégies didactiques permettant de faire évoluer la pensée des apprenants vers des raisonnements de plus en plus adéquats.

Nous avons vu les limites (temporelles et conceptuelles) des séquences d'enseignement proposées par différents chercheurs en sciences de l'éducation. Conscients de ces limites, certains n'hésitent pas à proposer un étalement du cursus consacré à l'évolution (29 ; 14), d'autres précisent qu'il faudrait aborder cette matière dès l'entrée dans le secondaire (1), d'autres encore pensent que l'enseignement de la biologie est à reconstruire sur une charpente basée sur l'évolution (58). Nous le voyons, nous quittons ici le champ de l'ingénierie didactique pour toucher aux recherches curriculaires et à la macro-ingénierie. C'est dans la dernière voie proposée que nous pensons qu'il sera possible de trouver des moyens permettant de favoriser les modifications conceptuelles, non seulement dans la cadre de l'évolution biologique mais aussi dans d'autres disciplines connexes, notamment l'hérédité, l'écologie et l'anatomie. ■

Bibliographie

1. Allègre C. & Postel-Vinay O., 1995, " L'enseignement des sciences est à repenser " - Mais comment réaliser l'impossible réforme ?, *La Recherche*, 282, 99-101.
2. Angseesing J.P.A., 1978, Problem-solving exercises and evolution teaching, *Journal of Biological Education*, 12 (1), 16-20.
3. Angseesing J.P.A. & Sutton D., 1975, Investigating the cause of changes in allele frequency during evolution, *Journal of Biological Education*, 9 (6), 251-255.
4. Bachelard G. 1938, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Editions PUF.
5. Bishop B.A. & Anderson C.W., 1990, Student conceptions of natural selection and its role in evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415-427.
6. Bizzo N.M.V., 1994, From down house landlord to brazilian high school students : what has happened to evolutionary knowledge on the way ?, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 537-556.
7. Chappaz G., 1993, Les représentations du monde comme tremplin pédagogique, *Sciences Humaines*, 27, 30-31.
8. Closset J.-L., 1983, Le raisonnement séquentiel en électrocinétique, Thèse de 3ème cycle, Université Paris 7, 249pp.
9. Closset J.-L., 1992, Raisonnements en électricité et en hydrodynamique, ASTER, 14, 143-155.
10. Cobern W.W., 1994, Point: Belief, understanding, and the teaching of evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 583-590.
11. Cummins C.L., Demastes S.S. & Hafner M.S., 1994, Evolution : Biological education's under-researched unifying theme, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 445-448.
12. Dagher Z.R. & BouJaoude S., 1997, Scientific views and religious beliefs of college students : The case of biological evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (5), 429-445.
13. Deadman J.A. & Kelly P.J., 1978, What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics ?, *Journal of Biological Education*, 12 (1), 7-15.
14. Demastes S.S., Settlage J. & Good R., 1995a, Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: case of replication and comparison, *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 535-550.
15. Demastes S.S., Good R.G. & Peebles P., 1995b, Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution, *Science Education*, 79 (6), 637-666.

16. Demastes S.S., Good R.G. & Peebles P., 1996, Patterns of conceptual change in evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (4), 407-431.
17. Dobzhansky T., 1973, Nothing in biology makes sense except in the light of evolution, *American Biology Teacher*, 35, 125-129.
18. Driver R., 1981, Pupils' alternative frameworks in science, *European Journal of Science Education*, 3 (1), 93-101.
19. Duveen J. & Solomon J., 1994, The great evolution trial : Use of role-play in the classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 575-582.
20. Ferrari M. & Chi M.T.H., 1998, The nature of naive explanations of natural selection, *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1231-1256.
21. Fortin C., 1993, Etude épistémologique sur la construction des concepts évolutionnistes et les difficultés d'une transposition didactique, Thèse, Univ. Paris VII.
22. Fourez G., Englebert-Lecomte V. & Mathy Ph., 1997, *Nos savoir sur nos savoir : Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*, Pédagogie en développement, Paris, Bruxelles, Editions De Boeck & Larcier, 169pp.
23. Fry P., 1977, Gryphaea and Cepaea - case studies for teaching selection, *Journal of Biological Education*, 11 (1), 12-20.
24. Galletti S., 1990, A propos des concepts biologiques évolution, milieu, cellule, *Biologie-Géologie*, 4, 777-794.
25. Halldén O., 1988, The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives, *International Journal of Science Education*, 10 (5), 541-552.
26. Hewson P.W., 1981, A conceptual change approach to learning science, *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.
27. Jeffery K.R. & Roach L.E., 1994, A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 507-518.
28. Jensen M.S. & Finley F.N., 1996, Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (8), 879-900.
29. Jiménez-Aleixandre M.P., 1992, Thinking about theories or thinking with theories ? : a classroom study with natural selection, *International Journal of Science Education*, 14 (1), 51-61.
30. Jiménez Aleixandre M.P., 1994, Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 519-535.
31. Kerlan A., 1985, Psychanalyse et didactique: a propos des représentations et de la causalité, *ASTER*, 1, 67-93.
32. Lawson A.E., 1988, The acquisition of biological knowledge during childhood : Cognitive conflict or tabula rasa ?, *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (3), 185-199.
33. Leach J., Driver R., Scott P. & Wood-Robinson C., 1995, Children's ideas about ecology - 1 : Theoretical background, design and methodology, *International Journal of Science Education*, 17 (6), 721-732.
34. Leach J., Driver R., Scott P. & Wood-Robinson C., 1996a, Children's ideas about ecology - 2 : Ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter, *International Journal of Science Education*, 18 (1), 19-34.
35. Leach J., Driver R., Scott P. & Wood-Robinson C., 1996b, Children's ideas about ecology - 3 : Ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms, *International Journal of Science Education*, 18 (2), 129-141.
36. Linhart Y.B., 1997, The teaching of evolution - we need to do better, *BioScience*, 47 (6), 385-391.
37. McClelland J.A.G., 1984, Alternative frameworks: Interpretation of evidence, *European Journal of Science Education*, 6 (1), 1-6.
38. Moody D.E., 1996, Evolution and the textbook structure of biology, *Science Education*, 80 (4), 395-418.
39. Nury D., Lamarque J. & Caron P., 1996, Essai de caractérisation des représentations du vivant chez des élèves du cours préparatoire, *Didaskalia*, 9, 157-172.

40. Osborne R.J. & Gilbert J.K., 1980, A method for investigating concept understanding in science, *European Journal of Science Education*, 2 (3), 311-321.
 41. Paton R.C., 1993a, Understanding biosystem organization. Part 1: Verbal relations, *International Journal of Science Education*, 15 (4), 395-410.
 42. Paton R.C., 1993b, Understanding biosystem organization. Part 2: Towards a theoretical framework, *International Journal of Science Education*, 15 (6), 637-653.
 43. Posner G.J., Strike K.A., Hewson P.W. & Gertzog W.A., 1982, Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211-227.
 44. Preece P.F.W., 1984, Intuitive science: Learned or triggered ?, *European Journal of Science Education*, 6 (1), 7-10.
 45. Resnick L.B., 1983, Mathematics and science learning : A new conception, *Science*, 220, 477-478.
 46. Rolland A. & Marzin P., 1996, Etude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième, *Didaskalia*, 9, 57-82.
 47. Roth W.M. & Alexander T., 1997, The interaction of students' scientific and religious discourses : two case studies, *International Journal of Science Education*, 19 (2), 125-146.
 48. Rumelhard G., 1989, Le concept biologique de milieu et les usages courants du mot, *Biologie-Géologie*, 1, 146-160.
 49. Rumelhard G., 1993, Thèses et mémoires de DEA : Didactique de la biologie et de la géologie, *Biologie-Géologie*, 3, 565-573.
 50. Settlage J., 1994, Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 449-457.
 51. Smith M.U., 1994, Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 591-597.
 52. Stavy R., 1998, Special issue : Conceptual development in science education, *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1151-1154.
 53. Swarts F.A., Anderson O.R. & Swetz F.J., 1994, Evolution in secondary school biology textbooks of the PRC, the USA, and the latter stages of the USSR, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 475-505.
 54. Tamir P. & Zohar A., 1991, Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena, *Science Education*, 75 (1), 57-67.
 55. Thomas B.A., 1976, An introduction to fossil plants, *Journal of Biological Education*, 10 (4), 173-180.
 56. Trowbridge J.E. & Wandersee J.H., 1994, Identifying critical junctures in learning in a college course on evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 459-473.
 57. Viennot L., 1985, Analysing students' reasoning in science: A pragmatic view of theoretical problems, *European Journal of Science Education*, 7 (2), 151-162.
 58. Yip D., 1998, Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning, *International Journal of Science Education*, 20 (4), 461-477.
 59. Zuzovsky R., 1994, Conceptualizing a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 557-574.
-