

Les formes scolaires du rapport de l'expérimental au vivant : une étude exploratoire concernant différents aspects du curriculum.

Brigitte VIALLE, Université et IUFM de La Réunion 19 janvier 2000

Les éléments présentés ci-après sont issus d'un travail effectué pendant l'année scolaire 98-99. Ce travail s'inscrit dans un début de 2^e année de recherche d'une thèse (commencée en novembre 1998), en didactique, centrée sur l'enseignement de la biologie au lycée au cours des travaux pratiques assistés par l'ordinateur, et dirigée par Georges-Louis Baron et Gabriel Olivier.

La question de recherche et la méthodologie sont présentées dans une première partie. Les formes scolaires du rapport de l'expérimental au vivant concernant différents aspects du curriculum sont présentées dans une deuxième partie. Dans une troisième et dernière partie, quelques éléments de réflexion sont donnés afin d'envisager la suite du travail de recherche.

I- Problématique et méthodologie.

1- la question centrale.

Il ressort principalement en ce qui concerne l'enseignement expérimental et sa mise en œuvre dans les travaux pratiques de biologie au lycée, deux difficultés majeures : la première concerne l'évolution des savoirs et donc des contenus qui portent de plus en plus sur des notions difficiles à observer et à illustrer, et la seconde porte sur la quasi absence de la prise en compte du vivant dans l'expérimentation.

L'état de la question concernant l'utilisation de l'ordinateur en travaux pratiques de biologie ayant été fait, il ressort que l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) a une place de choix dans la rénovation de l'enseignement expérimental de la biologie au lycée, mais son utilisation devient problématique lorsqu'on considère la place de l'élève dans son rapport de l'expérimental au vivant. L'ordinateur en ExAO est utilisé principalement comme terminal d'un capteur de données, ce qui est intéressant puisque cela permet d'avoir en temps réel des informations qui nécessitaient avant un temps long pour les collecter, les traiter et les représenter graphiquement. Le risque est de ne développer, en classe, que des activités centrées sur l'aspect outil de l'informatique, c'est-à-dire sa puissance et sa rapidité, avec un intérêt mince pour le contenu biologique de l'enseignement. L'élève se retrouve alors l'exécutant de protocoles expérimentaux pour des manipulations assistées par l'ordinateur.

Ainsi, il nous a semblé opportun d'analyser dans quelle mesure l'usage de l'ordinateur, instrument d'expérimentation, fait évoluer les activités expérimentales dans les travaux pratiques de biologie au lycée. La question centrale est donc de montrer comment l'expérimentation assistée par ordinateur peut être la source d'une réflexion sur les activités et les pratiques expérimentales en biologie, conduisant à faire évoluer ces activités et ces pratiques, et à les renouveler.

2- Le cadre théorique et les hypothèses de recherche.

Deux hypothèses H1 et H2 guident le travail de recherche et s'appuient sur deux faits majeurs qui ressortent du discours des élèves et des professeurs à propos de l'ExAO : « ***l'ordinateur, instrument d'expérimentation, constitue une aide à l'expérimentation notamment par le gain de temps qu'il procure, mais il peut devenir un obstacle par les problèmes plus liés à l'instrumentation qu'à la résistance du réel.*** » Deux hypothèses ont alors pu être émises :

- par rapport à l'aide qu'il procure : l'introduction de l'ordinateur, comme instrument d'expérimentation dans les travaux pratiques de biologie, entraîne des modifications au plan des activités et pratiques expérimentales, et aussi au plan des connaissances et compétences requises ; on peut alors s'attendre à ce que l'utilisation de l'ordinateur en ExAO permette des approches expérimentales plus en accord avec les pratiques expérimentales des biologistes (hypothèse H1).
- par rapport à l'obstacle : on peut s'attendre à ce qu'une meilleure connaissance du dispositif d'expérimentation permette aux élèves une meilleure prise en compte du contenu biologique, dans des situations plus favorables à l'étude du vivant (hypothèse H2).

D'emblée, le travail met en jeu une dimension empirique, fondée sur l'analyse des activités expérimentales mises en œuvre dans les travaux pratiques de biologie, et une dimension plus théorique. L'objet de notre étude pouvant se résumer aux problèmes posés par l'apprentissage et l'enseignement expérimental en biologie avec l'utilisation de l'ordinateur, instrument d'expérimentation comme aide à des acquisitions disciplinaires, plusieurs références épistémologiques sont donc présentes à la fois. Il s'agit de psychologie, puisque l'étude concerne les enseignants et les apprenants, avec les travaux de Piaget et de Bruner, de technologie avec l'usage de l'instrument informatique, avec l'approche cognitive des instruments de Rabardel par exemple, ou bien l'informatique et ses usagers dans l'éducation de Baron et Bruillard, et enfin il s'agit de didactique puisque l'étude concerne aussi le contenu disciplinaire, avec les théories de la transposition didactique de Chevallard et Martinand.

3- Méthodologie.

Le travail exploratoire comporte deux phases de validation des hypothèses formulées (H1 et H2). Seule la première phase, correspondant à l'hypothèse H1, et intitulée "les formes scolaires du rapport de l'expérimental au vivant", sera présentée ici parce que l'étude est avancée à ce niveau de la recherche (mais elle n'est pas terminée). Conformément à l'hypothèse H1, l'influence de l'ordinateur, instrument d'expérimentation, a été analysée dans le cadre des activités expérimentales réalisées en TP de biologie au lycée, afin de cerner les modifications apportées par l'ExAO. L'étude a été focalisée au niveau de la classe de première S, pour 3 raisons majeures : l'utilisation de l'ExAO est la plus fréquente, le concept de respiration, cadre nécessaire à l'étude de l'ExAO, est fondamentalement traité en 1^{re} S, et en 1993, le lycée a connu une réforme de ses structures avec notamment la mise en place de l'option sciences expérimentales en 1^{re} S. Trois étapes sont envisagées dans cette première partie, correspondant à 3 niveaux du curriculum :

- Un premier cadrage concernant les modifications apportées par l'ExAO dans l'enseignement expérimental a été fait à partir des instructions officielles et des documents d'accompagnement des programmes depuis 1982, après la mise en place de deux nouveaux curriculums, dans un cadre conceptuel défini, basé sur la respiration.
- Une deuxième étape concerne le curriculum réel. Considérant que les manuels scolaires sont porteurs d'informations sur le curriculum réel, ceux-ci ont été analysés depuis 1982, afin de montrer les modifications apportées par l'ExAO. L'étude au niveau des enseignants, concernant l'importance (place et rôle) de l'ExAO dans leur pratique expérimentale, n'est pas terminée, et ne sera donc pas présentée ici.
- C'est dans la troisième étape que les opinions des élèves à propos de l'ExAO ont été recueillies. Des entretiens semi-directifs ont été menés auprès de 26 élèves, par groupes de 3 ou 4, dans 4 lycées du Sud de l'île de La Réunion. L'exploitation des transcriptions (50 pages au total) a fourni la matière principale de l'étude des modifications des activités expérimentales en TP ExAO, par rapport aux TP classiques. L'analyse a porté sur ce que font les élèves en TP (les tâches), comment ils le font (la réalisation des tâches) et pourquoi ils le font (les justifications des tâches).

II- Résultats : les formes scolaires du rapport de l'expérimental au vivant, au cours des travaux pratiques de biologie au lycée, avec ou sans l'ordinateur, instrument d'expérimentation.

1- Concernant le curriculum formel.

L'introduction de l'ExAO s'est faite entre 1982 et 1993, parallèlement à une évolution de l'approche expérimentale au sein de la discipline. En 1982, l'activité expérimentale inféodée à l'observation du réel n'est envisageable que dans le cadre de la démarche de type OHERIC (observation, hypothèse, expérience, résultats, interprétation, conclusion). C'est l'approche naturaliste et empiriste qui est privilégiée avec le microscope optique, instrument privilégié de l'observation jusqu'au niveau cellulaire.

En 1987, l'actualisation des contenus a parallèlement enclenché une modification des pratiques expérimentales, caractérisées par un mode de pensée plus déductif qui se rapproche de la physique-chimie et par la présence plus importante de la biologie moléculaire et de la biochimie. L'enseignement expérimental s'oriente dorénavant vers la construction d'une problématique, à partir d'un ensemble de données à l'origine d'hypothèses, à tester par un processus expérimental. Cette épreuve expérimentale est encore située dans le cadre d'activités pratiques où le concret, la manipulation et le maniement des instruments d'observation sont

valorisés, mais où la modernisation de l'enseignement expérimental devient une préoccupation avec l'introduction de technologies nouvelles utilisées dans les laboratoires et les milieux professionnels, permettant une approche actualisée des contenus scientifiques. Ces technologies modernes d'investigation comportent la télédétection, le microscope électronique à balayage, les imageries médicales, les représentations traitées par ordinateur. L'usage de l'ordinateur en ExAO trouve logiquement sa place dans les programmes, bien que des recommandations soient faites pour sa mise en œuvre («... **laissant la priorité au réel et à ses substituts directs, on évitera d'utiliser l'informatique là où le dialogue et l'usage des outils habituels conviennent mieux qu'elle...** » IO, 1989). Il est à noter que l'ExAO n'est citée à aucun moment dans les programmes officiels de 1987.

L'ExAO devient une priorité après la mise en place de la réforme générale des lycées de 1993. L'expérimental est alors mis au centre de l'enseignement à la fois comme finalité à construire des raisonnements et comme moyen d'acquisition de notions. La rénovation de l'enseignement expérimental est clairement affichée dans les travaux pratiques et repose sur des activités pratiques, classiques et fondées sur des technologies nouvelles d'information et de communication. L'ExAO trouve sa place à partir de problèmes identifiés et apporte des éléments novateurs regroupés en 3 points :

- La quantification des mesures expérimentales devient possible.
- La diversité et l'universalité dans le monde vivant peuvent être envisagées, par la possibilité de multiplier les exemples.
- La complexité des mécanismes biologiques peut être abordée par des expériences jusqu'à présent irréalisables.

Parallèlement, à partir de 1993, l'évolution des connaissances, et donc des contenus, accorde de plus en plus d'importance à la génétique et à la biologie moléculaire, et s'appuie fortement sur le tryptique "matière-énergie-information", référence pour construire la compréhension du vivant, du niveau cellulaire à la biosphère.

2- Concernant le curriculum réel.

Comme cela a été dit, seuls seront présentés les résultats concernant la place et le rôle de l'ExAO dans les manuels scolaires. L'analyse a porté essentiellement sur les deux manuels scolaires de 1^{re} S qui occupent l'essentiel du marché, à savoir ceux parus aux éditions Bordas et Nathan, depuis 1982. L'étude a cerné deux éléments caractéristiques de l'enseignement expérimental, à savoir d'une part les activités expérimentales, en pointant sur l'importance de l'ExAO dans ces activités, et d'autre part l'évolution des contenus depuis 1982, en centrant l'étude sur le concept de respiration et la place de l'ExAO dans cette étude.

Les activités expérimentales ont été localisées dans les différents chapitres concernant la respiration cellulaire, par rapport à la démarche scientifique telle qu'elle est préconisée dans les instructions officielles, à partir de 1987. Ainsi, l'analyse a porté sur deux étapes caractéristiques de la démarche scientifique, celle de la problématisation et celle de l'expérimentation, étape centrale de l'enseignement expérimental.

Il ressort que, dès 1988, l'ExAO apparaît dans les manuels scolaires parallèlement à la mise en œuvre de l'enseignement par problèmes scientifiques, et cette évolution est la plus remarquable dans le manuel Nathan.

De plus, dès 1988, et surtout à partir de 1993, on note une augmentation du nombre d'expériences présentées dans les manuels et surtout en ExAO, le maintien de quelques expériences traditionnelles et la disparition des expériences historiques. Les expérimentations présentées avec l'ordinateur dans les manuels scolaires apportent des mesures quantifiées et des représentations graphiques jusqu'aux niveaux cellulaire et moléculaire, ce qui constitue une innovation puisqu'en 1982, aucune valeur chiffrée, ni d'enregistrement ne sont donnés dans les manuels, les mesures expérimentales qualitatives s'appuyant sur la visualisation des résultats. Une exploitation des résultats est proposée à l'élève, dans les manuels de 1993, afin de l'amener à une réflexion sur l'explication des phénomènes biologiques enregistrés et sur la formulation d'hypothèses explicatives. Avant 1993, les expériences ne présentaient que des résultats qualitatifs sans qu'aucune analyse, ni interprétation ne soient proposées. Enfin l'ExAO apporte une diversification des fonctions des expériences qui, avant 1993, sont essentiellement des expériences à visée monstrative illustrant des phénomènes biologiques ou physiologiques, expériences amenées par aucune hypothèse explicative. Après 1993, l'ordinateur permet de présenter des expériences à visée explicative pour comprendre un mécanisme, ou bien des expériences pour vérifier une hypothèse émise. L'ordinateur permet également, comme les expériences classiques, de présenter des expériences pour mettre en évidence un phénomène.

Le deuxième point concernant l'importance de l'ExAO dans les manuels scolaires a porté sur l'évolution du traitement des savoirs liés au concept de respiration cellulaire. En regard de l'analyse faite des programmes officiels concernant l'ExAO et l'évolution des contenus depuis 1982, il ressort dans les manuels scolaires de 1993, deux optiques différentes à propos de l'utilisation de l'ExAO dans le traitement des savoirs. Paradoxalement, on trouve une présence importante de l'ExAO dans le manuel Bordas qui a une approche conceptuelle plus classique, et inversement chez Nathan. Dans le manuel 93 des éditions Nathan, la modernisation des savoirs, par une acceptation de la biochimie dans l'approche réductionniste des concepts biologiques, paraît limiter la modernisation des techniques d'expérimentation. Alors que le manuel Bordas exclut toute formulation biochimique concernant le concept de respiration cellulaire, et donc l'approche empiriste et naturaliste des concepts biologiques y est encore très présente, à côté d'une utilisation importante de l'ExAO. Ce paradoxe se retrouve dans les manuels de 1988, où la présence d'instruments d'expérimentation modernes dans les manuels coexiste avec une approche des concepts plus centrée sur les sciences descriptives.

3- Concernant le curriculum tel qu'il est perçu par les élèves.

L'analyse des modifications apportées par l'ExAO dans les activités expérimentales en TP de biologie a porté sur 3 points déjà annoncés : les tâches réalisées par les élèves, la manière dont elles sont réalisées et les justifications de leurs actions. Les mises en relation entre les travaux pratiques sans l'ordinateur et avec l'ordinateur ont permis de cerner les transformations liées à l'usage de l'ordinateur au cours de l'expérimentation.

En reprenant les résultats de l'analyse des entretiens réalisés auprès des élèves et en considérant que les verbes d'action correspondant aux tâches réalisées peuvent être caractéristiques de celles-ci, on a pu caractériser l'évolution dans les tâches des élèves telle qu'elle est perçue par eux dans les TP classiques et les TP ExAO. En TP classiques, la manipulation est au centre des activités expérimentales et toutes les tâches des élèves concourent à la réussite de celle-ci (participer, communiquer, réfléchir pendant la manipulation), dans le but de collecter des données. La présence de l'ordinateur dans l'expérimentation déplace la finalité des tâches à réaliser par les élèves. En effet, c'est l'élève le plus initié en informatique qui exécute les instructions du logiciel¹ dans le but d'obtenir les résultats rapidement, afin de pouvoir les analyser ensuite. Dans ce cas, les tâches des élèves (surveiller, discuter, réfléchir sur les résultats), concourent à atteindre un objectif commun, celui de l'analyse des résultats obtenus à l'ordinateur.

Parallèlement aux finalités des tâches réalisées par les élèves pendant les activités expérimentales, on a défini les caractéristiques de la réalisation des tâches effectuées. L'ordinateur, utilisé comme instrument d'expérimentation, déplace l'objectif prioritaire perçu par les élèves en TP classiques ("collecter des résultats"), vers un objectif centré sur l'analyse des résultats. De façon similaire, le degré d'autonomie, la prise d'initiative des élèves, le rapport au vivant ont évolué du fait de la présence de l'ordinateur pendant l'expérimentation. Il apparaît une démarche expérimentale moins apparente en TP ExAO, notamment par l'absence de recherche de manipulations par les élèves qui l'expliquent par le guidage de l'ordinateur. Les élèves perçoivent l'ordinateur comme un obstacle à la recherche expérimentale dû au fait que la machine s'interpose entre le matériel vivant et l'élève, et que l'ordinateur est l'instrument de mesures expérimentales. Cependant, l'ordinateur apporte plus d'autonomie à l'élève qui se sent libéré de l'enseignant et qui a la possibilité de recommencer en cas d'erreur. Enfin, le rapport au vivant paraît plus difficile pour les élèves en ExAO, par le fait que la présence de l'ordinateur éloigne l'expérimentateur de l'objet d'étude, bien que les expériences sur l'être humain soient plus faciles en ExAO.

Pour conclure sur l'ensemble des élèves interviewés, 50 % préfèrent les TP classiques, 42 % apprécient les 2 types de TP et environ 7 % optent pour les TP ExAO. Les élèves ne choisissent pas les TP ExAO, pour 3 raisons majeures :

- trop d'assistanat
- manque de formation en ExAO
- matériel de qualité moyenne : sondes peu fiables, logiciels peu performants.

¹ Les logiciels d'ExAO utilisés en biologie dans les lycées de La Réunion sont tous de chez Jeulin, sauf un lycée qui utilise ceux de Microlec. Concernant la respiration, on a : Respihom pour l'étude du métabolisme humain, Réacell pour le métabolisme cellulaire, Respi pour le métabolisme animal ou végétal.

III- En guise de conclusion.

S'agissant d'un début de deuxième année de recherche, il serait prématuré de donner ici des conclusions. Cependant, cette première étape exploratoire nous a permis d'avancer sur les hypothèses émises et la méthodologie envisagée.

Nous avons fait l'hypothèse (H1) que l'utilisation de l'ordinateur en ExAO permettait des approches expérimentales plus en accord avec les pratiques expérimentales des biologistes. Notre première investigation, concernant les modifications des activités expérimentales avec l'ExAO telles qu'elles sont perçues par les élèves, nous conforte dans l'idée d'analyser les pratiques expérimentales des enseignants et leurs opinions concernant l'ExAO. En effet, les résultats de notre première investigation montrent les difficultés qu'ont les élèves à faire référence, en ExAO, aux pratiques des chercheurs dans leurs laboratoires. La mise en œuvre d'instruments et de méthodes scientifiques dans les travaux pratiques de biologie peut très bien ne répondre qu'à une logique pédagogique et l'ExAO n'être qu'une création didactique. Il faut bien reconnaître que les activités expérimentales en ExAO sont loin de ce qui se passe dans les laboratoires de recherche, et l'idée de trouver des situations où l'apprentissage résulterait d'une réelle activité scientifique apparaît ici comme illusoire.

La question se pose alors : qu'en est-il de la transposition didactique ?

Il convient de considérer maintenant les pratiques enseignantes. L'étude va cerner les différences éventuelles, repérées dans la mise en œuvre des activités expérimentales en TP classiques et en TP ExAO, d'une part par l'observation de séances et d'autre part par l'analyse des fiches de TP construites par l'enseignant à l'attention des élèves. Un travail exploratoire sera fait également à partir des entretiens réalisés auprès des professeurs interrogés sur l'ExAO.

L'écart éventuellement constaté entre cette étude et celle réalisée auprès des élèves permettra d'ajuster nos résultats en regard de l'hypothèse H1.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARON, GL., BRUILLARD, E. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Vendôme : Puf l'éducateur.

BEAUFILS, D., SALAME, N. (1989). Quelles activités expérimentales avec les ordinateurs dans l'enseignement des sciences ? *Aster*, **8**, 55-80.

CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage. Réédition revue et augmentée 1998.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

POL, D. (1997). *Evolution de l'ExAO, 1990,1997*. In l'informatique et communications dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre. Colloque ENS-INRP. Paris.

RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies*. Paris : Armand Colin.

SOURCES

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE : sciences naturelles, classes de seconde, première et terminale ; collection : horaires, objectifs, programmes, instructions. CNDP, 1982.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE : biologie géologie, classes de seconde, première et terminale ; collection : horaires, objectifs, programmes, instructions. CNDP, 1989.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE : sciences de la vie et de la terre, nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale, BOEN, numéro hors-série du 24 septembre 1992.