

le corps humain dans l'éducation scientifique

numéro coordonné par

Patricia Marzin

aster

une revue pour l'enseignement des sciences expérimentales

Cette revue créée par l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP s'adresse à la fois aux chercheurs en didactique, aux formateurs et aux enseignants concernés par la didactique. Elle publie trois catégories d'articles :

- des études et recherches didactiques sur l'enseignement des sciences expérimentales, à caractère théorique, qui soient accessibles à des enseignants et à des chercheurs non familiers avec la problématique de l'auteur;
- des travaux issus de disciplines autres que la didactique abordant des points qui éclairent les questions proprement didactiques (épistémologie, psychologie, linguistique);
- des descriptions d'activités pédagogiques qui donnent lieu à une analyse des caractéristiques du dispositif, du modèle pédagogique de référence, des activités intellectuelles sollicitées, de l'évolution des représentations.

Chaque numéro est centré sur un thème.

Pour proposer un article vous devez envoyer un texte d'une vingtaine de pages (60 000 signes incluant les documents et la bibliographie), par courriel à :

aster@inrp.fr

Vous trouverez les appels à contribution ainsi qu'une fiche technique à destination des auteurs sur le site (www.inrp.fr/publications/aster). Votre article sera soumis à deux membres du comité de lecture, leurs avis confrontés à celui du comité de rédaction permettront de prendre la décision de sa publication en vous demandant éventuellement des modifications et compléments.

Directeur de la publication

Serge Calabre, directeur de l'INRP

Comité de rédaction

Alain Chomat, INRP, France
Maryline Coquidé, UMR STEF (ENS Cachan et INRP), France
Pierre Fillon, collège Charles-Péguy, Paris ; UMR STEF (ENS Cachan et INRP), France
Claudine Larcher, UMR STEF (ENS Cachan et INRP), France
Nathalie Magneron, IUFM Orléans-Tours, Orléans, France
Brigitte Peterfalvi, UMR STEF (ENS Cachan et INRP), France
Karine Robinault, UMR ICAR (université Lumière-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS), France
Guy Rumelhard, lycée Condorcet, Paris ; UMR STEF (ENS Cachan et INRP), France
Stéphane Tirard, centre François-Viète, université de Nantes, France

Rédacteurs en chef

Yves Girault, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France
Christian Orange, IUFM des Pays-de-la-Loire ; CREN, université de Nantes, France

Secrétaire de rédaction

Yann Lhoste, IUFM Basse-Normandie ; CREN, université de Nantes ; INRP, France

Comité de lecture

BELGIQUE

Cécile Vander Borgh, université catholique de Louvain

BRÉSIL

Silvânia Sousa do Nascimento, universidade federal, Minas Gerais

CANADA

Michel Aubé, université de Sherbrooke
Barbara Bader, université de Laval
Lucie Sauvé, université de Québec, Montréal

ESPAGNE

Pedro Canal de León, universidad de Sevilla
Daniel Gil Perez, universitat de València
Roza Martín Del Pozo, universidad complutense de Madrid
Rafaël Porl  n Ariza, universidad de Sevilla

FRANCE

Jean-Pierre Astolfi, université de Rouen
Michel Caillot, université René-Descartes-Paris 5
Pierre Clément, université Claude-Bernard-Lyon 1
Cara Cohen-Azria, université Charles-de-Gaulle-Lille 3
Bernard Darley, IUFM d'Aquitaine, Bordeaux
Béatrice Desbeaux-Salviat, lycée Louis-le-Grand, Paris ; INRP

Michel Develay, université Lumiere-Lyon 2
Anne-Marie Drouin, université de Bourgogne-Dijon, Dijon
Jean-Jacques Dupin, IUFM de l'académie d'Aix-Marseille, Marseille
Jean-Michel Dusseau, IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier
Monique Goffard, UMR STEF (ENS Cachan et INRP)
Gabriel Gohau, lycée Janson-de-Sailly, Paris
Jack Guichard, Palais de la découverte, Paris
Daniel Jacobi, université d'Avignon et des Pays-du-Vaucluse
Samuel Johsua, UMR ADEF université de Provence-Aix-Marseille 1 ; IUFM d'Aix-Marseille, INRP
Alain Kerlan, ISPEF, université Lumiere-Lyon 2
Joël Lebeaume, UMR STEF (ENS Cachan et INRP)
Jean-Louis Martinand, UMR STEF (ENS Cachan et INRP)
Patricia Marzin, LIDSET ; IUFM académie de Grenoble, Grenoble
Hélène Merle, LIRDES ; IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier
Élisabeth Pl  , IUFM Champagne-Ardenne, Reims
Hélène Richoux, lycée Marcel-Pagnol, Athis-Mons ; UMR ICAR (université Lumiere-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS)
Guy Robardet, IUFM académie de Grenoble, Grenoble
Monique Saint-Georges, IUFM du Limousin, Limoges
Patricia Schneeberger, IUFM d'Aquitaine, Bordeaux ; DAEST, université Victor-Segalen-Bordeaux 2
Laurence Simonneaux, ENFA, Toulouse
Andrée Tiberghien, UMR ICAR (université Lumiere-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS)
Jacques Toussaint, IUFM de l'académie de Lyon, Lyon
Éric Triquet, IUFM académie de Grenoble, Grenoble
Michel Vignes, IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier

GRÂCE

Vassilia Hatzinikita, Hellenic Open University, Patras
Konstantinos Ravanis, université, Patras

ISRAËL

Amos Dreyfus, faculté d'agriculture, Rehovot

ITALIE

Maria Arca, universita La Sapienza, Rome
Silvia Caravita, Istituto di scienze e technologie della cognizione del CNR, Rome

SÉNÉGAL

Babacar Gueye, université Cheick-Anta-Diop, Dakar

SUISSE

André Giordan, université de Genève
Anne-Nelly Perret-Clermont, université, Neuchâtel

**La revue Aster est indexée dans la base de données FRANCIS
produite par l'Institut de l'information scientifique et technique (INIST).**

© INRP, 2006

ISBN : 2-7342-1044-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies et reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, sous réserve de mention du nom de l'auteur et de la source, que « les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information », « toute représentation ou reproduction totale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4). Une telle représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Le corps humain dans l'éducation scientifique

numéro coordonné par Patricia Marzin

Introduction

▶ Patricia Marzin

Rapport au corps : du corps analysé au corps ressenti 7

Articles

▶ Guy Rumelhard

Corps normalisé / corps individualisé? 21

▶ Michèle Dell'Angelo-Sauvage et Maryline Coquidé

Connaissance de son corps par la rencontre avec l'animal chez le jeune élève? 37

▶ Isabelle Jourdan

*Rapport au corps, rapport aux activités physiques, sportives et artistiques
et logique professionnelle : deux études de cas en formation initiale en EPS* 57

▶ Yann Lhoste

*La construction du concept de circulation sanguine en 3^e :
Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique* 79

▶ Isabelle Ménard et Véronique Pineau

*La respiration humaine au cycle 3 : problèmes construits
et registres explicatifs mobilisés par les élèves dans le débat scientifique* 109

▶ Patricia Schneeberger et Manel Dhouibi

La régulation de la glycémie : une étude de cas en première S 135

▶ Neïla Chalghoumi Trabelsi et Laurence Simonneaux

*Analyse des arguments de jeunes élèves tunisiens
de la fin du secondaire autour d'un débat socio-éthique en génie génétique* 159

▶ Pierre Clément, Lassaad Mouelhi et Mondher Abrougui

*Héréditarisme, béhaviorisme, constructivisme :
le système nerveux dans les manuels scolaires français et tunisiens* 187

Résumés

..... 223

Rapport au corps : du corps analysé au corps ressenti

Patricia Marzin, IUFM de l'académie de Grenoble ; Équipe SEED/MeTAH, laboratoire Leibniz (INPG, CNRS, UJF-Grenoble I) ; patricia.marzin@imag.fr

Le corps humain est un thème largement exploré dans les programmes de sciences à l'école, au collège et au lycée. Les finalités de son étude sont variées : rapport au vivant et compréhension des critères de vie ; éducation à la santé ; apprentissage et compréhension des fonctions vitales, etc. Les approches utilisées, les modèles théoriques du corps et les dimensions ainsi explorées s'appuient donc sur différents paradigmes. D'où la richesse didactique de ce thème et l'intérêt de ce numéro de la revue *Aster*.

Que sait-on aujourd'hui sur le corps humain ? Qu'écrit-on sur le corps et sur ses représentations ? Quels sont les différents points de vue présents dans les recherches didactiques ? Comment pourrait être abordé le corps humain à l'école ? Ces questions sont transversales aux articles présentés ici et éclairent une réflexion plus générale sur la façon d'aborder le corps humain dans l'éducation scientifique et par la recherche en didactique des sciences.

Ces articles balayent plusieurs approches du corps qui vont du rapport au vivant à l'appréhension des sensations de son corps vivant par l'élève, en passant par la compréhension du fonctionnement du corps et de ses organes. Par contre, les représentations globales du corps, la question de l'éducation pour la santé et celle des référents théoriques conscients ou inconscients qui les sous-tendent y sont peu abordées. Les questions de l'intime, de la liberté, du corps dans la relation à l'autre, ne sont-elles pourtant pas nécessairement en jeu si l'on aborde le corps humain avec les élèves ? L'un des objectifs majeurs de l'éducation scientifique n'est-il pas que l'école accompagne cette appropriation de leur corps par les élèves (Giordan, 2004). C'est donc par ces questions que nous allons commencer cette introduction, avant de présenter les contributions à ce numéro qui abordent d'autres aspects du corps humain à l'école.

I. Comment les jeunes se comportent-ils avec leur corps : état des lieux de la santé des jeunes en France

Selon Lecorps, notre rapport à la santé est fortement lié aux cultures auxquelles appartiennent les individus et aux choix politiques opérés par les gouvernements. Il propose la définition suivante pour une approche globale du corps et de la santé : « *l'éducation pour la santé, est un acte d'accompagnement de l'homme pris dans ses trois dimensions : de sujet individuel désirant et contradictoire, de sujet inséré dans une culture qui le modèle et le contraint, de sujet politique collectivement responsable et à la fois dépossédé des choix de société qui conditionnent la qualité de la vie* » (Lecorps, 1989 cité par Brixi et al., 1996). Dans ce contexte culturel et social, l'éducation scientifique peut prendre en compte la dimension individuelle de l'éducation pour la santé. Si, comme le montrent de nombreux travaux, l'approche cognitive stricte n'est pas pertinente pour faire de la prévention (Leselbaum, 1990 ; Brixi et al., 1996 ; Rumelhard, 1998 ; Marzin, 2001), la construction de connaissances sur le corps et son fonctionnement, comme les actions des drogues sur l'organisme, l'analyse qualitative et quantitative des aliments, la connaissance de l'anatomie... est un élément indispensable à toute action de prévention. C'est une part nécessaire mais non suffisante que les élèves peuvent intégrer et qui va les aider à prendre des décisions pour leur santé. La méthodologie préconisée pour faire une prévention efficace est souvent un travail par projet, impliquant personnellement l'élève, et répondant à ses questions et à ses attentes. Les situations à visée éducative ont pour objectif d'accompagner les élèves dans une réflexion sur leurs comportements actuels ou futurs. C'est le cas dans le domaine de la santé comme pour celui de l'environnement. Pour faire ce travail, enseignants et chercheurs s'appuient sur les travaux en santé publique qui apportent des connaissances sur les connaissances, croyances, attitudes, pratiques (enquêtes CAP ou KABP)¹, ils peuvent ainsi construire des situations pertinentes par rapport aux objectifs de santé publique et par rapport aux attentes des élèves. L'analyse des situations peut aussi prendre en compte ces connaissances.

La recherche en didactique met en œuvre ses théories et ses méthodes pour questionner et/ou élaborer des situations à visée préventive dans le domaine de l'éducation pour la santé dans la mesure où les situations construites intègrent une intention didactique. Dans ce contexte, la connaissance de données épidémiologiques sur la santé des jeunes et des enfants peut également constituer un préalable pour prioriser les objectifs de santé publique et pour connaître les pratiques et les attentes des publics visés. Ainsi, dans son article, Guy Rumelhard prend l'exemple de l'obésité pour discuter le problème de la normalisation du corps : le point de départ de sa réflexion est l'épidémie d'obésité et ses données épidémiologiques. De façon plus générale, les données concernant l'état de santé des jeunes

¹ Enquêtes CAP : connaissance, attitude, pratique en français ou KABP : *knowledge, attitude, believe, practice* en anglais.

de 12 à 18 ans en France constituent un ancrage sociologique et psychologique qui finalise les actions de prévention mises en place. Elles constituent un indicateur sur le rapport qu'entretiennent les jeunes français avec leur corps.

Un premier constat : on observe une forte diminution de la consommation d'alcool chez les jeunes depuis 30 ans. La consommation quotidienne a quasiment disparu, elle concerne moins de 1 % des jeunes aujourd'hui ce qui place les jeunes français au 32^e rang en Europe. La consommation d'alcool est devenue plus festive, c'est une consommation de fin de semaine. La consommation des adultes en France reste par contre élevée. La consommation de tabac est aussi en forte diminution, surtout chez les garçons. La diminution globale est due à une nette augmentation du prix du tabac (OFTD, 2005). Les filles consomment aujourd'hui autant de tabac que les garçons, phénomène général des pays développés : plus le pays est développé, plus les filles fument et c'est au nord que l'on observe le taux de tabagisme féminin le plus élevé. Le tabac reste la première substance psychoactive que les jeunes consomment régulièrement. En moyenne, les expérimentateurs ont fumé leur première cigarette à 13,6 ans pour les filles et 13,4 ans pour les garçons, ce qui situe les jeunes français dans la moyenne des pays européens. La consommation de cannabis a, elle, très fortement augmenté : elle a triplé en cinq ans, ce qui place les jeunes français en tête des pays européens (DESCO-MILDT², 2005). Pour Choquet (2005) « cela montre aussi l'importance de l'économie parallèle à l'adolescence ». La consommation occasionnelle concerne la moitié des filles et les deux tiers des garçons. À 16 ans, 9 % des garçons et 4 % des filles ont une consommation régulière de cannabis ; à 18 ans, elle concerne 21 % des garçons et 7 % des filles. Cette consommation est liée au niveau scolaire des parents (les jeunes dont les parents ont un niveau d'études supérieur ont deux fois plus de risque de consommer du cannabis) et à la composition de la famille. La consommation d'ecstasy s'est accrue avec un taux de consommation de 4-5 % (DESCO-MILDT, 2005).

Choquet (2005) présente d'autres données concernant la santé des jeunes. Elle soulève par exemple une nette augmentation de la dépression et des tentatives de suicide chez les jeunes filles (autour de 45 000 à 50 000 par an), ce qui représente, pour elle, un chiffre énorme. Le taux de tentatives de suicide a doublé entre 1993 et 1999 chez les filles alors qu'il est resté stable chez les garçons. Des troubles des conduites alimentaires, des dépressions, des tentatives de suicide sont observés chez les filles alors que les consommations de drogues et les violences sont plutôt typiquement masculines. Elle indique que la santé physique des jeunes

2. Les données citées ESPAD (*European School on Alcohol and Other Drugs*) reviennent de l'enquête transversale en milieu scolaire menée concomitamment dans 30 pays européens sur la base d'un questionnaire commun centré sur les usages, attitudes et opinions relatifs aux substances psychoactives. En France, la réalisation de l'enquête a été confiée à l'équipe santé de l'adolescent de l'institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) et à l'observatoire français des drogues et des toxicomanies (OFDT) en partenariat avec le ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche (MJENR). L'échantillon est composé de plus de 16 000 élèves âgés de 12 à 18 ans et scolarisés au sein de 400 établissements du second degré (collèges et lycées des secteurs public et privé) a été interrogé. La méthode retenue est celle de l'autoquestionnaire.

s'est plutôt améliorée ces dernières années, hormis les allergies et les troubles du sommeil. Alors que l'on constate une amélioration de la santé physique et une nette diminution des accidents, les problèmes de santé mentale ont augmenté. La pathologie du XXI^e siècle, déclarée comme telle par l'OMS, est la dépression. Choquet indique que la cause est que l'on a rendu pathologique des symptômes qu'il conviendrait de considérer comme révélateurs d'un malaise. Pour elle « *on n'accepte plus que quelqu'un aille mal. Le malaise, qui a probablement toujours un peu existé, devient inacceptable, devient pathologie. On en déduit que les jeunes sont déprimés. Ce qui pouvait passer inaperçu à une époque ne le peut plus. Ce que l'on ne sait pas exactement, c'est si, de ce fait, on n'accroît pas le phénomène.* » (*ibidem*).

Cette augmentation pourrait donc être interprétée par l'abaissement du seuil de tolérance des adultes vis-à-vis des comportements des jeunes. Toujours selon Choquet « *aujourd'hui toute violence des jeunes est devenue inacceptable, on a abaissé notre seuil de tolérance. Du coup il y en a plus !* ». « *Maintenant tout est considéré comme violent [...]. Un gosse s'est bagarré dans la cour de l'école : il y a vingt ans, on s'en fichait. Aujourd'hui, on va le considérer comme violent, on va convoquer les parents, il va voir le psy, etc.* » (*ibidem*). Ce constat nous amène à nous poser les questions suivantes : « *quelle place pour l'incertitude ?* », « *quelle place pour l'errance et pour le doute ?* » chez des jeunes qui sont souvent en questionnement.

2. Les représentations de la santé et du corps

2.1. Santé vécue, santé ressentie :

ou la quête désespérée du corps parfait et de la santé sans faille

Cette modification des critères de bonne santé et cette pathologisation de certains symptômes vont dans le sens du point de vue développé par Vigarello quand il parle de « *la poursuite d'une utopie à propos de la santé* » (1999). Il développe l'idée que l'exigence vis-à-vis de sa propre santé est de plus en plus forte. Au XIX^e siècle, le modèle hygiéniste préconisait des pratiques visant à se débarrasser des microbes « *pour éviter que les infections des pauvres ne menacent les autres* », ainsi que le développement de la gymnastique pour avoir, selon l'adage bien connu, « *un esprit sain dans un corps sain* » (*ibidem*). Aujourd'hui, la menace n'est plus externe, extérieure au corps des hommes, mais elle est devenue interne, « *ce qui nous menace de l'intérieur : prédispositions au cancer, à l'obésité, aux troubles de la circulation* ». Pour Vigarello, « *la recherche de la santé est devenue le facteur pathogène prédominant, car la quête désespérée de la santé ne crée que la maladie* » (*ibidem*). La représentation du corps et de la santé, l'attente que l'on a de la médecine et des médecins, notre tolérance à accepter le mal-être ont changé. L'ennemi de l'homme serait devenu intérieur, dans ses gènes, dans le vieillissement.

Ces différents points de vue sur le corps et sur la santé tendent à montrer que notre tolérance à la souffrance, à la vieillesse, à la maladie est devenue plus faible. Des symptômes qui paraissaient normaux et banals, inhérents au fait même de vivre, ont plus de mal à être acceptés aujourd'hui. La tendance est alors de demander à la médecine de calmer les corps, de nous rajeunir, de nous faire maigrir. Chacun semble avoir perdu le lien avec ses sensations. Chacun a pourtant sa propre expérience de son corps et devrait pouvoir construire sa norme personnelle.

2.2. Les bases neurophysiologiques de notre expérience du corps

Pour Petit (2003), il existe deux conceptions contradictoires pour interpréter les bases neurophysiologiques de notre expérience du corps. Soit le corps est une chose comme une autre dans l'espace physique, que l'on peut regarder comme telle, et la seule différence entre cet objet et un autre c'est le fait que nous vivons en lui. Soit « *le corps est l'organe de notre volonté, la matérialisation de nos intentions, le site de notre intervention transformatrice dans le monde. La conscience que nous en avons repose sur un processus d'appropriation active par le sujet des différentes parties de son corps, appropriation jamais définitive qui s'étend sur toute la vie du sujet et dépend de l'usage qu'il en fait dans ses activités pratiques quotidiennes* » (ibidem). Cette dernière idée a pour conséquence que l'on pourrait s'approprier son propre corps et que cette appropriation est évolutive. Chacun a, en effet, l'expérience de nouvelles sensations apparues suite à la pratique d'une nouvelle activité, comme si l'on découvrait des parties de son corps ignorées jusqu'alors. Cette deuxième conception est aussi à la base des travaux sur les membres fantômes que les personnes continuent à ressentir après amputation.

2.3. Les connaissances sur le génome influencent notre rapport au corps

Les connaissances et les techniques d'intervention sur le corps ont connu des avancées importantes ces vingt dernières années, en particulier dans le domaine de la biologie moléculaire. À propos de la description du génome humain, Testard parle d'une « *dissection du corps dans l'invisible* » (2002), afin de soigner, de prévenir et d'empêcher les dysfonctionnements du corps visible, dont la cause est attribuée à des altérations du corps invisible. L'auteur s'interroge sur les dérives que ces pratiques pourraient avoir si elles étaient poussées à l'extrême et surtout si les humains en perdaient le contrôle. Ainsi « *L'homme "augmenté" mi-cyborg – mi-zombie, pourrait-il développer des propriétés insoupçonnées de tous ses sens, y compris le sixième (communication). Le corps invisible sera aussi managé pour correspondre aux projets économiques des sociétés modernes : recherche de l'excellence, efficacité, compétitivité, refus des handicaps, allègement des coûts de gestion de l'humain.* » (ibidem). Il pose le problème du contrôle des corps et de l'aspiration vers le mythe du corps sans faute : le surhomme ou la surfemme. Pour lui « *plus que jamais penser le corps c'est penser la norme* » (ibidem).

Enfin, le développement spectaculaire des applications médicales du génie génétique ouvre, à côté de perspectives prometteuses, la possibilité de pratiques très inquiétantes. Citons à ce sujet le cas des tests génétiques de prédisposition. Dans un avenir très proche, les individus pourront connaître, de plus en plus, la nature de leur prédisposition génétique à certaines maladies. Les patients présentant des prédispositions à des maladies graves seront plus directement responsables de leur santé et pourront, sur les conseils de leurs médecins, choisir une hygiène de vie adaptée ; c'est l'un des aspects positifs de cette avancée.

Mais la généralisation des tests génétiques et leur éventuelle utilisation dans la vie sociale soulèvent de graves et difficiles problèmes. Les informations obtenues intéressent tout particulièrement les assurances³ et les employeurs. Dans les deux cas, les discriminations susceptibles d'être pratiquées seraient des entraves au respect de la vie privée et de la justice sociale. Les fondements de notre vie sociale sont exprimés par la déclaration des droits de l'homme ; mais ces textes très généraux n'ont pas été rédigés pour s'appliquer aux circonstances que nous rencontrons ici. Pour en respecter l'esprit, il est nécessaire de les compléter. En France, l'utilisation des tests génétiques de prédisposition est, dans la vie économique et sociale, légalement interdite. Ainsi, la loi du 29 juillet 1994 (relative au respect du corps humain) stipule notamment que les « tests génétiques ne peuvent être pratiqués qu'à des fins médicales ou scientifiques ». En conséquence ils ne peuvent être demandés ni par les assurances, ni par un employeur. Il ne faudrait pas croire que le problème est définitivement réglé par cette mesure et d'autres pratiques discutables peuvent apparaître tant la pression économique exercée par les laboratoires peut avoir des effets pervers. Ainsi les problèmes éthiques récemment soulevés sont très préoccupants pour la société. Nous concluons avec le docteur Kahn « *qu'il nous faut définir socialement les normes du bon et mauvais usage de nos nouveaux pouvoirs* » (1996).

Les connaissances sur le génome ont également des conséquences importantes en terme de prévention et donc des retombées potentielles sur l'éducation pour la santé. La mise en évidence de prédispositions génétiques pour certaines maladies (excès de cholestérol dans le sang par exemple) a pour effet de responsabiliser le patient qui devra apprendre à gérer sa maladie par des conduites appropriées en terme de coût/bénéfice pour sa santé physique et psychique (les aspects plaisir et convivialité de l'alimentation) et non pas en terme de culpabilisation.

2.4. La question de la norme : norme interne ou norme externe ?

Ce débat pose en effet le problème de la place de la norme et de celui qui la pose. Cette question est discutée dans ce numéro par Rumelhard dans la continuité des travaux de Canguilhem. Pour ce dernier, « *le pathologique n'est pas le contraire*

3 En 1994, les groupes d'assurances européens ont décidé d'un moratoire de 5 ans pour la pratique des tests génétiques.

de la norme mais le contraire de la santé. (...) C'est donc bien toujours en droit, sinon actuellement en fait, parce qu'il y a des hommes qui se sentent malades qu'il y a une médecine, et non parce qu'il y a des médecins que les hommes apprennent d'eux leurs maladies (...) le propre de la maladie, c'est d'être une réduction de la marge de tolérance des infidélités du milieu » (1966). Pour lui, c'est par rapport au milieu qu'un vivant peut être dit normal : « c'est la vie elle-même et non le jugement médical qui fait du normal un concept de valeur et non un concept de réalité statistique. Être en bonne santé, c'est donc plus qu'être normal, c'est pouvoir s'adapter à des changements de son milieu. » (ibidem). L'homme se débat avec un milieu qui n'est pas un donné mais qu'il construit.

L'éducation scientifique dans un cadre scolaire ou non scolaire participe à ce débat, par exemple en questionnant les nouvelles données issues de la recherche, en introduisant des questions d'éthique et en proposant de nouveaux objectifs éducatifs.

3. Le rôle de l'école et de l'éducation scientifique

À l'école primaire, les élèves étudient les mouvements corporels, les fonctions de nutrition, des éléments d'éducation à la santé (l'hygiène et les comportements), la reproduction et l'éducation à la sexualité.

« C'est en référence à leur propre corps que les élèves construisent la notion d'unité de fonctionnement du monde vivant. C'est pourquoi on étudie au cycle 3 les principes élémentaires de deux grandes fonctions à partir de leurs manifestations dans l'espèce humaine : les mouvements et la fonction de nutrition (digestion, respiration, circulation). On associe l'étude du corps humain à son activité en s'appuyant sur l'éducation physique et sportive. On s'appuie sur les approches du corps effectuées au cycle 2 : squelette et mouvement, croissance, alimentation et équilibre alimentaire. On s'en tient à dégager des modèles aussi simplifiés que possible des organes assurant ces fonctions. L'éducation à la santé est liée à cette découverte du fonctionnement du corps en privilégiant les conditions de maintien du corps en bonne santé. » (Document d'application des programmes « sciences et technologies cycle 3 », 2002).

Au collège, l'objectif des programmes français de sciences de la vie et de la Terre (SVT) en lien avec le corps est de donner aux élèves une représentation globale de l'intérieur du corps. L'entrée se fait par les fonctions et les organes. Au lycée, en seconde, les élèves étudient l'organisme en fonctionnement par la relation entre activité physique et paramètres physiologiques, et la cellule, l'ADN et l'unité du vivant. En première S, ils analysent les relations existant entre le génotype d'un organisme et son phénotype. Et en terminale S, le fil conducteur est la stabilité, la variabilité et l'unité du monde vivant : la procréation, la génétique, l'immunologie. Des questions d'éthique sont aussi posées.

À l'école primaire, l'étude du corps semble se faire de façon plus globale qu'au secondaire. L'approche biologique du corps est aussi proposée en relation avec l'EPS et l'éducation pour la santé.

Les dimensions affectives, personnelles, intimes, sensibles, sont aussi prises en compte, par exemple pendant les séances d'éducation à la sexualité au cycle central du collège et en 1^{re} L au lycée où les élèves peuvent s'exprimer à partir de leur vécu et peuvent aussi poser des questions.

Pour Giordan, « *en biologie, on présente un corps machine, décomposé en quelques mécanismes compartimentés* » (2004). Le corps humain est réduit à sa seule composante organique. Pour lui, il faudrait « *réintroduire un corps vivant et vécu, en l'envisageant comme "l'auteur" d'actions et porteur de convictions et de sens.* » (*ibidem*). Et ceci par une « *mise en perspective de l'imaginaire social des liens entre corps, santé, gestuelle, émotions, mais également culture, éthique, art de vivre.* » (*ibidem*). Les travaux présentés dans ce numéro font aussi, nous allons le voir, des propositions afin d'aider les élèves à mieux connaître, comprendre et ressentir leur corps.

4. Comment est abordé le corps humain dans ce numéro d'Aster ?

Pour analyser les différentes entrées choisies par les auteurs de ce numéro nous avons regardé quels étaient les apprentissages visés par les recherches présentées, le rapport au corps auquel elles se réfèrent, les problématiques travaillées et les cadres théoriques mobilisés.

4.1. Les thèmes abordés : les apprentissages visés par rapport au corps

• L'apprentissage du corps dans sa globalité

Les thèmes abordés et les niveaux d'élèves concernés sont divers. Trois articles abordent le corps humain dans sa globalité, avec l'objectif que l'élève acquiert des connaissances sur son propre corps. C'est le cas de la réflexion de Guy Rumelhard qui porte sur la question de la mise en relation de données épidémiologiques permettant d'identifier des facteurs de risque de l'obésité et de son enseignement en classe de 1^{re} ES. Il pose le problème d'enseigner le « *manger mieux* » sans être normatif et en dépassant l'apport strict de connaissances. Il questionne aussi la rationalisation et la mécanisation des corps dans lesquelles il est possible de tomber suivant l'angle avec lequel on aborde le thème de l'obésité. Pour lui, si l'on n'y prend pas garde, « *le corps de l'homme risque de devenir un outil* ». Il propose de résister à toutes les formes de mécanisation (du travail, de la médecine, du sport, de l'apprentissage), non pas en refusant toutes normes mais en en créant de nouvelles. Pour lui « *seul est possible le dépassement des normes pour en instituer de nouvelles* ». La norme devient interne à chacun, chacun créant sa propre norme.

L'apprentissage du corps dans son ensemble est aussi l'objectif de Michèle Dell'Angelo et Maryline Coquidé. Elles se sont intéressées aux élèves de cycle 3 et ont regardé les potentialités que représentent les rencontres de l'enfant avec un animal dans la découverte de son propre corps. Le moyen utilisé est la constitution d'élevages d'animaux en classe. Les objectifs visés par les enseignantes sont la découverte des caractéristiques anatomiques (nutrition, reproduction, relation) et l'appréhension de son individualisation et de sa finitude : connaître le fonctionnement du corps de l'enfant ; comprendre son corps ; se sentir être vivant/être pensant ; activer le rapport affectif et émotionnel au vivant ; expérimenter la vie comme « *ensemble des fonctions qui résistent à la mort* » ; appréhender les critères de vie (besoins vitaux, rejets de déchets, grandes fonctions), naissance, sexualité. Selon elles, la relation à l'animal permet aussi le développement de compétences motrices et sensorielles.

Isabelle Jourdan pose la problématique du corps dans le cadre des *activités physiques sportives et artistiques* (APSA). Le corps est ici à la fois objet et outil d'enseignement. L'objectif vis-à-vis des élèves est la « *transformation du corps de l'élève vers un plus d'efficacité et d'efficience, et vers plus de connaissance de soi* ». Pour elle, les APSA permettent l'émergence des émotions, des désirs, des sensations, du plaisir, comme médiateurs et porteurs de sens pour les activités physiques pratiquées. Elle s'est intéressée au rapport que des enseignants novices entretiennent à leur propre corps quand ils doivent enseigner une APSA qu'ils maîtrisent plus ou moins.

• L'apprentissage du fonctionnement du corps de l'élève

Une autre approche du corps vise la construction de connaissances opératoires à son propos. Ces travaux s'inscrivent dans la continuité des études sur les conceptions des élèves et sur la façon dont les élèves modélisent des connaissances scientifiques. Yann Lhoste regarde comment des élèves de troisième, engagés dans un débat scientifique sur le thème de la nutrition, construisent le concept de circulation sanguine. L'apprentissage visé est l'approvisionnement des organes en énergie et en matière. Il veut induire la nécessité d'une distribution par circulation. De la même façon, Isabelle Ménard et Véronique Pineau présentent un travail visant la construction du concept de respiration au cycle 3 dans un débat. Elles engagent le débat en classe à partir des questions suivantes : « *pourquoi respire-t-on ? ; à quoi ça sert de respirer ? ; comment cela se passe-t-il dans notre corps quand on respire ? ; comment l'oxygène permet-il aux muscles de fonctionner ?* ».

Neïla Chalghoumi Trabelsi et Laurence Simonneaux étudient comment les élèves mobilisent des connaissances en génie génétique dans un questionnement éthique. Elles ont pour objectif d'améliorer, chez les apprenants, la compréhension de savoirs relatifs au fonctionnement de leur corps. Ce sont des élèves de terminale, en Tunisie. Les auteurs mettent en place une « *situation à débattre* » autour du diagnostic prénatal de la drépanocytose : une femme enceinte qui présente des

risques non négligeables de fausse-couche, doit prendre la décision de faire ou non un diagnostic prénatal. L'analyse porte sur l'étude des arguments utilisés par les élèves pour décider ou non de faire le diagnostic.

• **L'entrée par la physiologie et la régulation des organes**

Patricia Schneeberger et Manel Dhouibi visent l'apprentissage de la régulation de la glycémie en 1^{re} S, en relation avec l'étude du diabète. Elles utilisent une analogie avec un système d'écoulement d'eau pour construire un système de régulation. Cette contribution s'appuie sur une conception du vivant comme un système composé d'éléments en interaction dynamique.

Pierre Clément, Lassaad Mouelhi et Mondher Abrougui posent comme point de départ de leur article que le cerveau est un organe du corps humain. Ils regardent si les théories actuelles sur le cerveau humain (plasticité et épigenèse du système nerveux, réseaux neuronaux) sont présentes dans les programmes et les manuels de SVT en France et en Tunisie. L'apprentissage visé pour les élèves est le fonctionnement du cerveau humain et pour les enseignants la capacité à répondre aux questions des élèves sur les pathologies cérébrales.

4.2. Le rapport au corps convoqué

Le thème du corps humain peut être appréhendé selon plusieurs logiques, à plusieurs niveaux d'organisations et à différentes échelles micro/macrosopiques (dans sa globalité ou segmenté), avec plusieurs sensibilités (corps perçu/corps regardé), avec différents regards (interne/externe). Ces différents rapports au corps traduisent différentes représentations du corps, des objectifs d'apprentissage différents : se place-t-on dans un objectif de mieux connaître son corps, d'améliorer la perception que l'on en a ? Demande-t-on à l'école d'accompagner l'appropriation de son corps par les élèves ? Cela pose aussi la question des modèles, des normes, de l'individu et de son corps, de la diversité ; de l'acceptation de son propre corps. Les références utilisées sont-elles mécanistes ? Travaillent-on sur les images du corps et donc de la relation aux autres, au monde ?

Les articles de ce numéro couvrent toutes ou partie de ces dimensions. Guy Rumelhard, dans la lignée de Canguilhem, pose la question des normes, de la normalisation, de l'individualisation. Il montre en particulier que le concept d'individualité ne décrit pas un être mais une relation. Il se place résolument dans une approche globale et interne du corps. Tout comme Michèle Dell'Angelo et Maryline Coquidé qui visent, au travers de la relation à l'animal, à faire prendre conscience aux élèves de la globalité du corps, de son individualité. Elles activent le rapport affectif et émotionnel au vivant et donc un corps perçu, interne. La relation au temps est aussi travaillée par le biais de la prise de conscience de la vieillesse et de la mort.

Isabelle Jourdan travaille un corps vécu, investi professionnellement. Pour elle, le corps est un « *outil de la perception du monde* », « *une caisse de résonance de l'affectif* », le corps est un objet construit par le temps et la culture. Il lui semble nécessaire d'avoir préalablement pratiqué et ressenti une activité physique avant de l'enseigner.

Pour Yann Lhoste, comme pour Isabelle Ménard et Véronique Pineau, les concepts de circulation et de respiration sont regardés comme une partie du corps de l'élève.

4. 3. Les problématiques travaillées et les cadres théoriques utilisés

Les problématiques travaillées questionnent le corps humain selon différents points de vue. Guy Rumelhard, dans une optique philosophique, pose le problème du mode de calcul des paramètres visant à caractériser le corps humain et des conséquences induites si ces paramètres sont posés *a priori*, sans tenir compte des paramètres individuels, construits à la suite d'un processus relationnel avec les personnes. Michèle Dell'Angelo et Maryline Coquidé déclinent la problématique du rôle éducatif que peut jouer la présence animale dans la classe, pour l'enfant en train de découvrir son corps. Le cadre théorique principalement utilisé est celui du rapport au vivant. Isabelle Jourdan se place dans le cadre de la formation des enseignants et pose le problème de la place et du rapport au corps dans l'enseignement des APSA chez les enseignants novices. Cette question est travaillée du point de vue du rapport au savoir et de la transposition didactique, par une analyse clinique. Yann Lhoste regarde les liens entre conceptualisation, problématisation et les activités langagières, en particulier argumentatives, des élèves. Il étudie comment les élèves se représentent la circulation sanguine, ce qui est une façon de les faire réfléchir sur le fonctionnement de leur propre corps. Son cadre théorique s'appuie sur les travaux de Christian Orange (en référence à une approche épistémologique qui convoque Bachelard, Popper et Jacob) avec l'identification des raisons dans les interventions des élèves lors d'un débat. L'analyse de l'activité argumentative des élèves repose sur les théories de Grize et de Bronckart.

Isabelle Ménard et Véronique Pineau utilisent le même cadre théorique pour étudier la conceptualisation d'élève de cycle 3 sur la respiration humaine. Tout comme Patricia Schneeberger et Manel Dhoubi qui analysent la façon dont des élèves de 1^{re} S problématisent la régulation de la glycémie. Neïla Chalhouni Trabelsi et Laurence Simonneaux s'intéressent également au débat, mais dans une approche socioscientifique impliquant la prise en compte des controverses sociales qui sont analysées en utilisant la théorie des opérations logico-discursives proposée par Grize. Elles étudient le fonctionnement du corps, au niveau moléculaire, et posent la question du diagnostic prénatal de la drépanocytose.

Pierre Clément, Lassaad Mouelhi et Mondher Abrougui font une analyse critique des manuels français et tunisiens en mobilisant le référent connaissances – valeurs –

pratiques sociales. Ils interrogent l'adaptation des programmes et manuels scolaires de SVT aux profonds renouvellements des connaissances en neurobiologie.

Conclusion

Les articles de ce numéro montrent que l'étude du corps humain dans l'éducation scientifique est riche et qu'elle peut être abordée selon différents points de vue, avec différentes finalités, plusieurs questionnements et par plusieurs disciplines. Dans les travaux présentés, il y a une utilisation récurrente du débat pour permettre une problématisation des connaissances ou comme façon de faire émerger différents arguments chez les élèves. La mise en place de débat dans la classe vise à former l'esprit critique et à construire un point de vue personnel de l'élève sur des savoirs scientifiques. N'y a-t-il pas aussi un besoin de recherches en didactique sur la façon d'accompagner les élèves vers une meilleure connaissance de leur corps, dans le but de former des futurs adultes capables de s'accepter et de se construire par rapport à leurs propres normes, pour être en accord avec eux-mêmes, et leur éviter d'être mal à l'aise vis-à-vis d'images imposées par des modèles et des normes extérieurs ? ■

BIBLIOGRAPHIE

- BRIXI O., SANDRIN-BERTHON B. & BAUDIER F. (1996). La charte d'Ottawa : quelques repères en éducation pour la santé. *La santé de L'homme*, n° 325.
- CANGUILHEM G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.
- CHOQUET M. (2005). Entretien. *Diversité*, n° 143, p. 7-14.
- FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE : DESCO-MILDT (2005). *Prévention des conduites addictives. Guide d'intervention en milieu scolaire*. Disponible sur Internet : http://eduscol.education.fr/D0190/guide_intervention.pdf (consulté le 1^{er} juillet 2006).
- GIORDAN A. (2004). Du corps objet au corps auteur. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Éds.). *Actes des xxvi^e Journées Internationales de l'Éducation Scientifique*, Chamonix, France.
- KAHNA A. (1996). *Société et révolution biologique, pour une éthique de la responsabilité*. Paris : INRA Éditions.
- LESELBAUM N. (1990). *La prévention à l'école*. Paris : INRP.
- MARZIN P. (2001). Quelle formation pour les enseignants afin qu'ils fassent de la prévention du sida et une éducation au risque ? *Aster*, n° 32, p. 205-220.

- OBSERVATOIRE FRANÇAIS DES DROGUES ET DES TOXICOMANIES (2005). *Tabac : production-offre*. Disponible sur Internet : <http://www.ofdt.fr/ofdtdev/live/produits/tabac/2pdf//produits/tabac/offre-1.pdf> (consulté le 1^{er} juillet 2006).
- PETIT J.-L. (2003). Phénomologie du corps propre : phénoménologie et neuroscience. *La recherche*, hors série n° 12. Disponible sur Internet : <http://www.up.univ-mrs.fr/wcni/ressources/petitdistribue211201.rtf> (consulté le 1^{er} juillet 2006).
- RUMELHARD G. (1998). Santé et pouvoir de rétablissement, concept populaire, concept scientifique, concept socio-politique : une analyse en vue d'une éducation. *Aster*, n° 27, p. 125-143.
- TESTARD J. (2002). Le corps dans tous ses états. *Alliage*, n° 52. Disponible sur Internet : http://www.tribunes.com/tribune/alliage/52/Testart_52.htm (consulté le 1^{er} juillet 2006).
- VIGARELLO G. (1999). *Histoire des pratiques de santé : le sain et le malsain depuis le Moyen Âge*. Paris : Éd. du Seuil.

Corps normalisé / corps individualisé

Guy Rumelhard, lycée Condorcet, Paris ; UMR STEF (ENS Cachan, INRP) ;
guy.rumelhard@wanadoo.fr

L'épidémie actuelle d'obésité induit un travail de prévention et de normalisation du poids des adolescents, futurs adultes obèses. Ce concept de normalisation qui est au cœur de l'enseignement et de l'éducation à la santé a un sens positif quand il s'adresse aux objets matériels, et à la production industrielle, et un sens ambigu ou franchement négatif quand il s'adresse au corps des individus et surtout à leur esprit, leur façon de penser, à leur façon d'apprendre et d'enseigner. La réflexion philosophique sur ce concept lancée dès 1943 a été popularisée à partir de 1968. Pour ne prendre cette question que sous l'angle biologique on peut se demander si on peut définir objectivement la taille et le poids, et transformer les concepts de moyenne et variance en normes de fonctionnement. La confusion entre norme et moyenne remonte à Quételet (1835). Cette normalisation est à mettre en regard avec la faculté de définir ses propres normes que l'on nomme la normativité.

Une deuxième notion, soutenue également par la biologie, semble s'opposer totalement à celle-ci c'est l'individualisation. Depuis le développement de l'immunologie et de la génétique l'individualité a des fondements biologiques précis qui sont enseignés en SVT sans précaution. Les obstacles à la conception de l'individualité sont nombreux.

Les deux notions se rejoignent si l'on admet que cette individualisation résulte de la capacité du vivant humain à être normatif au niveau biologique, pathologique, social et intellectuel.

Le corps humain est, de manière indissociable, organique, psychologique et social sinon politique. L'analyse d'une caractéristique que l'on peut modifier plus ou moins directement, individuellement ou collectivement, celle du poids du corps, permet de situer deux questions importantes : celle de la normalisation, et celle de l'individualisation du corps. Ces deux perspectives semblent *a priori* contradictoires. On montrera comment les relier grâce au concept de normativité et à ses prolongements.

I. L'épidémie d'obésité

I.1. Le traitement médiatique

L'augmentation du nombre d'obèses décrite comme une épidémie subit en France un traitement médiatique récurrent (dossier *La Recherche*, 2000, n° 330), particulièrement accentué ces temps derniers à la télévision et dans la presse écrite (Bontemps Valentin, 2005, p. 13 ; Blanchard Sandrine, 2006, p. 22). Les articles scientifiques du Dr Rolland Cachera (1995) développent le même thème depuis de nombreuses années. Des travaux identiques ont conduit, depuis 1945, à la rédaction de plusieurs types successifs de carnets de santé pour les enfants qui sont désormais entre les mains de tous les parents. On peut ajouter les articles sérieux ou fantaisistes sur les régimes alimentaires permettant de maigrir et de contrôler son IMC (indice de masse corporelle, ou indice de Quételet).

Dans le journal gratuit *20 minutes* (24 juin 2005, p. 17) le collectif national des associations d'obèses écrit sur la toile de fond d'une photo d'un individu obèse le commentaire suivant : « *L'obésité tue ça vous fait toujours marrer ? L'obésité est une maladie grave qui tue 55 000 personnes par an en France. Ce n'est ni une faute, ni une fatalité, encore moins une plaisanterie. 30 % des diabétiques, 30 % des hypertendus et 25 % des personnes à syndrome d'apnées du sommeil sont des personnes obèses. Autres pathologies associées : accidents cardio-vasculaires, cholestérol, dyspnées, douleurs ostéo-articulaires, troubles veineux, troubles gynécologiques, reflux gastro-oesophagiens, lithiases rénales, problèmes dermatologiques (excès de transpiration avec mycose des plis), prédispositions au cancer de l'utérus, des ovaires, des seins, de la prostate, du colon. L'obésité pourrait entraîner une diminution de l'espérance de vie de cinq à dix ans. Des solutions existent.* ».

I.2. Causes et corrélations en épidémiologie

Le sujet de *sciences de la vie et de la Terre* (SVT) du baccalauréat de première ES en 2005 exploite également ce thème. Une courbe décrit l'augmentation des obèses et l'augmentation des maladies associées. On demande au candidat de mettre ces deux données en relation avec l'alimentation de type industriel. L'enseignant de SVT, totalement préoccupé par le fait de montrer que sa discipline est socialement utile puisqu'elle met en garde contre l'obésité, ne demande pas aux élèves un commentaire sur *la méthodologie épidémiologique* qui permet d'analyser ces trois données et de les mettre en relation. Rappelons rapidement qu'une corrélation statistique n'implique pas nécessairement une relation de cause à effet dans la mesure où l'on n'a pas soi-même fait varier l'un des paramètres. De plus, dans ce cas, les groupes sont constitués *a posteriori*, et non pas *a priori* selon une procédure impliquant un choix au hasard. Il peut donc exister un biais, c'est-à-dire une autre cause qui détermine ces deux observations. Par ailleurs si une corrélation permet de faire l'hypothèse d'une relation causale, cette relation n'est ni directe,

ni unique et elle n'indique pas le sens de la relation. L'obésité est certainement multicausale et implique aussi des facteurs sociaux et psychologiques. On peut se demander par exemple si toutes les classes sociales sont affectées de la même façon ? Le risque doit être mis en relation avec l'espérance de vie. Pour ce qui est de l'enseignement, privilégier une intervention utile au nom de la santé publique risque de distordre la prudence de l'interprétation objective des données. L'objectif premier d'un enseignement scientifique reste le savoir vrai c'est-à-dire les preuves qui permettent d'affirmer ce que l'on sait, et non pas le savoir utile et efficace qui est d'ailleurs bien souvent traité comme un faire valoir de la discipline. L'analyse demandée est partielle et partiale.

Que l'on traite cette question de l'obésité comme une maladie sinon même comme une épidémie ou comme un fait de société, cela pose la question de la définition objective (ou non) du normal et donc du pathologique. Sur cet exemple le corps (trop gros) est indissociablement organique (alimentaire, hormonal ou génétique), culturel et social. Nous allons le montrer plus précisément.

2. Norme, normal, normalisation

Le poids de notre corps ne relève bien évidemment pas d'une législation ou d'une réglementation, mais la société influe cependant dessus par l'intermédiaire de ce que l'on nomme des normes diffusées de manière directe, indirecte ou latente et intériorisées de manière explicite ou inconsciente. Celles-ci relèvent en particulier d'une certaine conception de la santé individuelle et collective, la santé étant devenue un problème social et politique autant qu'individuel. Les mots norme, normal et normalisation, d'usage courant actuellement, n'ont pas toujours existé. L'invention du mot normal date de 1759, et celle du mot normalisé de 1834 (Canguilhem, 1966, p. 175-177). Depuis 1968 en France, le mot normalisation est connoté de manière fortement négative. On peut cependant rappeler que l'invention de normes et leur imposition est un phénomène théorique et pratique positif indispensable qui prend corps au moment de la Révolution française et en particulier à partir du développement de la révolution industrielle. En tout premier lieu, bien avant cette époque, elle a concerné la langue parlée et écrite. La profusion des langages devait être réduite, uniformisée pour favoriser la compréhension lors des échanges culturels et commerciaux. La définition de normes de l'orthographe, de la grammaire, etc., a été particulièrement développée en France (Canguilhem, 1965, p. 155-169). Il s'en est suivi nécessairement l'imposition de ces normes à travers les Écoles Normales (primaires et supérieures) pour l'enseignement, autrement dit la normalisation. Il en sera de même pour les normes de mesure de longueur, de volume, de poids, de temps, de température, dans divers pays. Évidemment cette normalisation est parfois étroitement liée à l'hégémonie politique et commerciale d'un pays donné et elle suscite des résistances.

Les mots de standardisation (l'anglais *standard* est importé en français), uniformisation, planification s'appliquent surtout aux objets manufacturés dans les domaines industriels et chez les militaires. Par exemple l'écartement des rails de chemin de fer; le calibre des obus et des balles pour les armes. Pour justifier plus modestement le fait que cette normalisation facilite la vie, on peut citer la normalisation des prises de courant et du type de courant d'un pays à l'autre (diamètre et écartement des fiches, tension, fréquence) qui permet ou non d'utiliser son rasoir électrique ou son sèche cheveux lors d'un voyage à l'étranger. Plus largement, il s'agit de caractériser un produit, une méthode de travail, une quantité à produire.

Les réformes de la médecine, comme celle de l'école au moment de la Révolution française, marquent des exigences nouvelles liées au fait que l'on se préoccupe également de normes d'hygiène, de santé publique et de niveau culturel. La normalisation est liée à un processus de rationalisation, de régulation de la société et de choix de valeurs.

Il existe un arbitraire social dans ces décisions de normalisation, ce qui induit l'apparition potentielle de conflits. La décision normalisatrice institue des règles, des règlements, des étalons, des modèles, par exemple, l'obligation de vaccination, de quarantaines en cas de maladies contagieuses, etc. (Le Blanc, 1998, p. 81-96). Le sens disciplinaire de la normalisation trouve son expression sociale dans la surveillance, le contrôle, la rectification, la correction et éventuellement la sanction.

La normalisation présente également un aspect négatif dans la mesure où cette rationalisation s'adresse non seulement aux objets matériels, au langage, aux pratiques, aux institutions, mais aussi à la pensée et au comportement. Mais précisément dans la mesure où, pour se rationaliser et se réguler la société cherche à se construire comme une machine, cette normalisation prend alors bien souvent la forme d'une mécanisation mais de manière masquée, latente, non dite, sans discours explicite. La normalisation agit par l'intermédiaire des gestes, des règles, des lois, des institutions, des machines. Les deux thèmes de la normalisation et de la mécanisation sont ainsi étroitement liés. Nous ne développerons pas ici ce dernier thème, mais on pourrait cependant rapidement citer sans les décrire :

- la *mécanisation du travail humain* (Taylor) qui transforme l'ouvrier en opérateur de tâches codifiées, anonymement réglementées, en agent d'exécution et non en acteur, et conduit à la limite à la conception d'automates, c'est-à-dire d'usines sans ouvriers, de trains sans conducteurs ;
- la *mécanisation de la médecine* organique, le médecin devenant un ingénieur qui répare un mécanisme dérangé, mais aussi qui exerce des actions sociales préventives qui s'appuient sur une législation et des sanctions. À la limite, il y aurait une médecine et des médecins sans malades, les médecins devenant un appareil idéologique d'état ;

- la *mécanisation du sport*, par le jeu des chronométrages, des mesures, des calculs de rendement, des mises en compétitions, de la nécessité de performances sous peine d'élimination ;
- la *mécanisation de l'apprentissage* par la décomposition en objectifs opérationnels, le développement de procédures d'évaluation, sinon de mesure et de sélection, de la programmation de l'enseignement à l'aide de machines ;
- etc.

Cette mécanisation a sa réciproque. Selon Paul Valéry (1925, p. 1045) : « *La machine gouverne. La vie humaine est rigoureusement enchaînée par elle, assujettie aux volontés terriblement exactes des mécanismes. Ces créatures des hommes sont exigeantes. Elles réagissent à présent sur leurs créateurs et les façonnent d'après elles. Il leur faut des humains bien dressés ; elles en effacent peu à peu les différences et les rendent propres à leur fonctionnement régulier, à l'uniformité de leurs régimes. Elles se font donc une humanité à leur usage, presque à leur image. Il y a une sorte de pacte entre la machine et nous-mêmes, pacte comparable à ces terribles engagements que contracte le système nerveux avec les démons subtils de la classe des toxiques. Plus la machine nous semble utile, plus elle le devient ; plus elle le devient, plus nous devenons incomplets, incapables de nous en priver. La réciproque de l'utile existe.* ». Le corps de l'homme risque de devenir un outil.

Il existe de nombreuses formes de résistance à toutes ces formes de mécanisation dans les domaines de la médecine, de l'apprentissage, du travail, du sport, de la santé, du politique. Mais il existe également une échappatoire illusoire à cette mécanisation dans le fait de croire qu'il est possible de refuser toute norme. Certains auteurs pensent qu'une pédagogie non directive serait possible. Il serait également possible d'être le médecin ou le psychiatre de soi-même ! En fait il n'y a aucune possibilité de s'abstraire du jeu normatif. Seul est possible le dépassement des normes pour en instituer de nouvelles, mais de manière « *microscopique* », par des « *subversions infinitésimales* » (Schwartz, 1988, p. 801). Résistance, sédition vis-à-vis de l'institué, du réglementé, du codifié, du formaté, deviennent des mots d'ordre internes à toute normalisation. Les crises, que ces résistances engendrent, traduisent l'existence nécessairement conflictuelle des normes dans la société, et la volonté individuelle, non pas de vivre sans normes, mais de constituer ses propres normes de fonctionnement. Ainsi le « *gros* » risque en permanence de devenir le bouc émissaire de la société de consommation, de notre honte à en analyser les mécanismes.

Le corps exprime aussi l'inconscient. Sans développer ici cet aspect et plutôt que de relire Freud à travers Valabrega (1980) ou Dolto (1984), écoutons Boris Dolto (1976) fondateur d'une école de kinésithérapie. « *C'est à tort, qu'à propos de l'inconscient on parle de profondeurs. L'inconscient loge en nous à fleur de peau. L'inconscient est aussi bien physique, c'est-à-dire physiologique... La mobilisation du corps*

et les manipulations peuvent faire revivre des émotions, des souvenirs qui datent de l'enfance. »

3. Une définition objective des normes est-elle possible ?

Revenons à la biologie et à l'examen de caractères anatomiques. Objectivité signifie parfois premièrement mesure et mathématisation. La taille, le poids, certaines mensurations (tour de tête, longueur des membres...) présentent une certaine variabilité. Pour réduire cette variabilité on peut calculer une moyenne arithmétique des valeurs observées. Mais il n'y a aucune raison, *a priori*, que ces diverses valeurs se répartissent selon une loi de probabilité (loi de Gauss, loi de Poisson...). Cette moyenne arithmétique n'a donc aucune signification. C'est le mérite du statisticien belge Quételet d'avoir montré vers 1835 que, sous certaines conditions d'âge et de sexe identiques, (il a effectué ses mesures sur les jeunes gens recrutés par conscription pour effectuer le service militaire) le polygone des fréquences présentait un aspect en cloche qui ressemblait à la loi binomiale $(a + b)^n$. La loi de Gauss étant une approximation de cette loi binomiale quand n augmente et quand l'effectif augmente on peut alors définir une moyenne, une médiane, un mode idéal par-delà les groupes observés qui deviennent alors des échantillons d'une répartition « vraie ». Par-delà la diversité on atteindrait donc une « moyenne vraie » qui aurait une signification profonde. Pour Quételet il s'agissait du type de l'espèce. Il est dans un paradigme fixiste. Rappelons que Vésale (1514-1564) pensait pouvoir représenter une population par un seul individu à condition de le choisir judicieusement (Y. & M. Girault, 1999, p. 7). Vésale s'est attaché à définir un référent, « *la fabrica d'un individu moyen* ». Les variations seraient alors secondaires et dues à une multitude d'erreurs qui se compensent de part et d'autre de la moyenne. C'est la moyenne qui est importante et définit « *l'homme moyen* » (Quételet, 1835). Dans cette perspective *moyenne, norme et modèle* sont assimilables l'un à l'autre.

On peut évidemment objecter que la loi de Gauss ne s'applique que si les combinaisons des n éléments qui déterminent la taille d'un individu correspondent à des réalisations toutes indépendantes les unes des autres. Ce n'est certainement pas le cas en ce qui concerne la taille et le poids. Les facteurs du milieu géographique, climatique et culturel sont certainement interdépendants. Dans un milieu homogène il faudrait encore considérer le même âge, le même sexe, mais aussi la même ethnie, sinon la même classe sociale, mais également l'évolution au cours des siècles. Comment additionner dans un même groupe un Dinka, un Inuit et un Thaï pour calculer une moyenne ? À Paris, la taille moyenne varie selon les arrondissements et cette répartition se superpose au revenu moyen par habitant (Tort, 1972) ! Les gènes qui interviennent dans la croissance (hormones diverses, etc.) présentent-ils ou non un polymorphisme, sont-ils homozygotes, peuvent-ils être considérés comme suffisamment indépendants les uns des autres ? En tenant

compte de tous ces paramètres pour constituer une population la plus homogène possible, on obtiendrait une courbe proche d'une courbe de Gauss. Quoi qu'il en soit, les populations mixtes qui ont été utilisées pour constituer les courbes imprimées dans les carnets de santé ne répondent certainement pas à tous ces critères et ne peuvent donc pas tenir lieu de norme, c'est-à-dire de modèle auquel se conformer. Les médecins pédiatres ne prennent pas tant de précautions pour décréter qu'un enfant s'écarte trop de la moyenne imprimée dans le carnet de santé.

Quelle est la signification de la moyenne calculée ? L'existence de cette ressemblance avec une loi de hasard signe incontestablement l'existence d'une régularité ontologique qui s'exprime ici dans la moyenne. Cette moyenne traduit-elle une réalité organique intangible commune à tous les hommes, une norme organique individuelle, une norme sociale et donc un modèle auquel se conformer, des écarts à rectifier, au prix d'une éducation ?

Dans une perspective évolutive, que Quételet ne pouvait adopter à son époque, cette norme de taille ou de poids peut être considérée comme la norme adaptative temporaire d'une ethnie humaine, fruit de la sélection progressive en fonction d'un lieu et d'un mode de vie. Dans cette perspective, on ne peut plus identifier moyenne « vraie », norme et modèle. La moyenne n'est pas vraie, ni idéale, mais correspond à la norme temporaire d'un groupe humain à un moment donné de son histoire, dans un lieu géographique. Il ne peut se présenter comme modèle à suivre. Un certain conformisme tendrait à ne pas se distinguer du groupe dans lequel on vit, c'est-à-dire à être dans la moyenne. La normalité ne consiste pas à se conformer à un type, fût-il statistique.

Réciproquement, l'état pathologique ne peut se réduire à la mesure d'un écart par rapport à un état moyen. Par rapport à cette valeur moyenne considérée comme idéale, si l'on considère les écarts individuels comme des altérations, les écarts « trop grands » deviennent des pathologies. Mais diversité n'est pas *a priori* maladie. Quel écart maximum accepter ? Autrement dit, peut-on définir des limites statistiques du pathologique en lui conférant ainsi un caractère mesurable et apparemment objectif ? Ayant défini l'écart-type, on fixe généralement le double écart-type comme limite car il correspond à 95 % des cas retenus. Les 5 % restant sont donc rejetés comme anormaux. Le nombre de cas pathologiques serait donc constant puisque fixé arbitrairement ? Soit 2,5 % de trop grands et 2,5 % de trop petits. Les carnets de santé inscrivent 3 % de part et d'autre de l'intervalle de confiance, ou plus exactement placent les limites de cet intervalle à 3 % et 97 % orientant ainsi le regard vers le dépassement par excès. Le caractère mathématique de cette limite ne masque pas son caractère arbitraire et contestable si le groupe qui permet de l'établir n'est pas homogène. Le pédiatre pourrait simplement surveiller que l'enfant reste à l'intérieur de l'intervalle de confiance, au risque 5 % sans privilégier la moyenne, ce qui serait déjà un progrès conceptuel. D'ailleurs les

nouveaux carnets de santé ne font plus figurer que les limites de l'intervalle de confiance correspondant au double écart type. La moyenne n'est plus une valeur privilégiée.

Une définition objective de la moyenne et des écarts admissibles est donc possible, sous réserve de bien délimiter le groupe de population auquel elle peut se présenter comme modèle à imiter et auquel on doit se conformer. Notons immédiatement, et nous y reviendrons, que dès 1943, Canguilhem a attiré l'attention sur un autre sens du mot normal. Être normal, c'est être normatif, être capable d'autonomie, capable d'inventer ses propres normes de vie. La maladie c'est la réduction de cette capacité (Fagot-Largeault, 1993, p. 195-198). Cette normativité pathologique trouvera une correspondance dans la normativité biologique, ce que nous développerons ci-dessous.

Les limites acceptées du poids du corps montrent l'intervention de l'éducation et, sous réserve de laisser une place aux choix individuels, historiquement changeant (combattant Sumo, physiologie des mères de famille actuelles ou dans la préhistoire, effet de mode illustré par les mannequins, effet du sport intensif...), l'intervention d'une inventivité de ses propres normes de vie.

Mais il faut également admettre la possibilité d'une éducation morbide, et rectifiable. L'éducation est un moyen thérapeutique. Concernant le poids, et plus généralement la santé, les normes sont des vertus ou des valeurs. Les concepts de normes et valeurs sont équivalents. L'attention se porte alors sur les écarts, autrement dit sur les réactions individuelles, ce que nous allons développer maintenant. Le rôle de l'éducation doit être :

- d'énoncer les conséquences morbides de telle ou telle pratique ;
- de rappeler l'existence de différences individuelles et la possibilité de choix personnels quitte à en assumer les conséquences en connaissance de cause ;
- de ne pas réduire la normalité à la rationalité scientifique et médicale, en oubliant ou niant les aspects affectifs, sociaux, économiques, politiques ;
- d'analyser les vraies et fausses raisons des incitations sociales directes ou indirectes, conscientes ou non.

Mais l'intervention sociale peut être beaucoup plus pernicieuse. Socialement il est aisé de passer de la constatation d'un écart statistique, c'est-à-dire d'une déviation à celle d'une déviance sociale. Pour reprendre le cas de l'obésité, il est aisé de passer d'une lutte contre l'obésité à la lutte contre les obèses, de passer du constat et de l'acceptation de différence à l'envie de les réduire au nom du morphologiquement correct ou/et d'une vision réductrice de la rationalité scientifique et médicale. Cette stigmatisation, cette « *grossophobie* », cette somme de petits problèmes et de discriminations prend actuellement des proportions inouïes (Potet, 2005, p. 15).

Il faut cependant se rappeler que si une évolution des normes physiologiques est possible ce n'est pas par volonté individuelle, mais au cours d'un temps long mesuré en centaines ou en milliers d'années, par adaptation et sélection de certains individus. Disons quelques mots sur des constantes physiologiques que l'on ne pense pas pouvoir modifier par une action volontaire pour illustrer cette idée. Les constantes physiologiques ne sont pas absolues comme les constantes physiques. La mesure du débit urinaire en Chine peut servir d'exemple (Canguilhem, 1966, p. 108). Les jeunes chinois de 18 à 25 ans ont un débit urinaire moyen de 0,5 mL par minute, avec des oscillations de 0,2 à 0,7 alors que ce débit est de 1 mL pour les européens, avec des oscillations de 0,8 à 1,5. Ce fait physiologique serait à relier à l'alimentation (thé, riz, végétaux) et aux rythmes nutritifs déterminés par l'expérience ancestrale. La tension artérielle est une autre caractéristique physiologique qui peut donner lieu à la même observation (Cooper, 1999, p. 62-68). L'hypertension est fréquente chez les noirs américains et on lui attribue une origine génétique. Toutefois elle est rare chez les africains : on doit en conclure que l'environnement agit sur l'expression des gènes.

Le deuxième volet de cette réflexion concerne l'individualisation. Nous le traiterons essentiellement sous l'angle biologique, et cette individualisation va apparaître au départ comme totalement contradictoire puisque la normalisation vise à réduire et si possible annuler les écarts individuels.

4. L'immunologie, fondement biologique de l'individualité

L'idée d'une spécificité individuelle semble actuellement banale. Elle est inscrite dans les programmes d'enseignement mais sans souligner son caractère paradoxal car elle a, en fait, eu du mal à s'imposer en biologie. Pensons à Darwin (Gould, 1983) qui, contre une conception typologique de l'espèce, met en évidence le rôle fondamental des petites variations. Cette individualité (Clément, 1996, p. 174-176) se comprend aisément dans une perspective théologique (chaque âme est irremplaçable) ou philosophique (Drouin, 1990, p. 83-95). La médecine rencontre également l'individu sous la forme du terrain individuel qui oblige à modifier ou adapter les traitements établis au laboratoire.

En dehors des ressemblances et des différences aisément observables, l'existence de caractéristiques individuelles est bien connue depuis que la police scientifique en fait un usage abondant. Les empreintes digitales, les empreintes génétiques, l'iris de l'œil sont spécifiques à chaque individu.

L'histoire de la notion biologique d'individu conduit à faire l'histoire de l'immunologie, de la transfusion et de la transplantation (Moulin, 1991). Une idée simple et apparemment évidente a longtemps dominé : toutes les cellules hépatiques, épithéliales, conjonctives, etc., se ressemblent dans une même espèce. Il était donc naturel de penser pouvoir faire sans risque des transfusions sanguines et des

transplantations d'organes d'un individu à l'autre. Pour les cellules il n'en est rien. Il a été difficile d'admettre qu'une cellule de foie, une cellule de muscle et une cellule de peau appartenant au même individu sont plus proches que deux cellules hépatiques appartenant à deux individus différents. La découverte des groupes sanguins a constitué autant un obstacle qu'un progrès pour l'idée d'individualité. Découper la population entre quatre grands groupes (A, B, O, AB), puis chacun en deux groupes (système Rhésus + et -) permet de réaliser des transfusions. Pourquoi imaginer que ce découpage doit être prolongé jusqu'à l'individu et donc que l'échange des cellules n'est pas du tout possible entre deux individus qui sont pourtant de la même espèce ?

De plus, l'individualité biologique oscille en permanence entre une conception ontologique ou chosifiante, et une conception relationnelle et historique qui contredit totalement la précédente (Gayon, 2000). La formule magique aux charmes faciles de « *self* » et « *not self* » mal traduite par *soi* et *non-soi* (*self* signifie *soi même*) est au cœur de l'ambiguïté. « *Dans cette optique l'immunologie serait organisée autour d'un thème central, un phénomène biologique vu en troisième personne, mais évocateur de l'ego et de sa tenace volonté de survie. Si ce thème a été capté facilement par un large public, c'est en raison de sa résonance avec bien d'autres problématiques constitutives. Comme aurait dit Roland Barthes, pareil langage est un langage fondateur* » (Moulin, 1986).

La génétique mendélienne semble appuyer une conception ontologique du *soi*. Le polymorphisme des groupes sanguins combiné à celui du système HLA est tel qu'il peut caractériser chaque individu grâce à une combinatoire immense des associations d'allèles. Il existe treize types de groupes sanguins, chaque groupe pouvant comporter deux, quatre, six allèles ou plus. Si chaque groupe n'en contenait que deux cela ferait déjà « deux puissance treize » combinaisons. En cas de transfusion sanguine on n'est cependant pas obligé de tenir compte de toutes ces compatibilités fort heureusement. De même il existe cinq principaux groupes de marqueurs des cellules (nommé HLA pour « *human leucocytes antigens* ») dont il faut tenir compte pour réaliser des greffes. Chaque groupe compte, cette fois, plusieurs dizaines d'allèles, ce qui crée une combinatoire importante. Lors d'une greffe, la probabilité de trouver huit allèles identiques dans quatre groupes au moins est très faible. Cette constitution génétique constitue le *soi* sous forme d'une formule génétique qui est propre à chaque individu. « *Nous serions unique, consolation d'avoir été réalisés au hasard* ! » (Canguilhem, 1966, p. 210). Il existe cependant des jumeaux monozygotes et quelques rares individus mosaïques constitués d'un mélange de deux patrimoines génétiques. Ces caractères génétiques se réalisent quel que soit le milieu intérieur ou extérieur. Dans une perspective défensive l'immunologie serait la science de la défense du *soi* qui est attaqué (Bernard *et al.*, 1990).

En fait l'extraordinaire extension du *répertoire immunitaire*, c'est-à-dire le nombre des antigènes et marqueurs qui induisent des réactions immunitaires spécifiques vont poser le problème de l'absence de réactions d'un individu contre ses propres structures, tandis que les travaux sur les embryons et les fœtus vont poser la question du développement immunitaire et faire apparaître le phénomène de tolérance.

La distinction du *soi* et du *non-soi* devient une distinction apprise, que l'on peut modifier chez le fœtus et chez l'adulte. C'est la *tolérisation* (Dewaele, 2003, p. 287-295). On peut résumer les principaux acquis de la façon suivante :

- on peut devenir « *étranger à soi même* » à certains moment de la vie, de manière normale comme le montre la phagocytose des globules rouges vieillissant, ou de manière pathologique comme le mettent en évidence les maladies auto-immunes ;
- on peut devenir « *tolérant à l'étranger* » de manière temporaire dans le cas des fœtus de mammifères qui devraient normalement être rejetés par leur mère (de plus des grossesses successives conduisent la mère à tolérer certaines greffes provenant du conjoint et qui sont normalement rejetées), de manière expérimentale dans les cas de greffes réalisées chez le fœtus et qui conduisent à la tolérisation de greffons incompatibles, de manière pathologique dans le cas de la tolérance de cellules cancéreuses. La distinction du *soi* et du *non-soi* est une distinction variable, relative, apprise au cours de la vie foetale ;
- certains parasites ne sont plus reconnus comme étrangers car ils adoptent nos propres antigènes, et nous hébergeons également certains virus ;
- il existe des animaux et des rares humains chimères qui possèdent par exemple deux lignées de globules rouges par mélange des lignées cellulaires au niveau foetal chez des faux jumeaux, dizygotes, monoplacentaires.

Il y a donc un aspect historique et relationnel dans la définition d'un individu et de plus il y a des degrés d'individualité.

Dans la philosophie biologique de Canguilhem (Gayon, 2000, p. 35) se succèdent ces deux conceptions ontologiques puis relationnelles et historiques de l'individualité. La conclusion philosophique principale de l'article de 1945 sur *la théorie cellulaire* est que le concept d'individualité ne décrit pas un être mais une relation. L'individu n'est pas une entité spatio-temporelle. L'immunologie l'illustre beaucoup mieux. Le *soi* n'est pas une entité, c'est une relation au *non-soi*.

5. Les obstacles à l'individualité

Avant de poursuivre et sans les développer longuement, notons quelques obstacles à la notion d'individualité.

Première difficulté, le discours rationnel serait impuissant à saisir l'individu, dans la mesure où l'expérimentation implique de pouvoir répéter une observation dans des conditions identiques. Un événement unique n'est pas répétable. Cet obstacle est partiellement levé par l'utilisation de populations et la prise en compte statistique de la variabilité (de Fontenay, 1982).

Deuxième difficulté dans le cas de l'espèce humaine, la tendance à se rapprocher de la moyenne confondue avec la normale dévalorise les écarts individuels. De plus, la volonté sociale de normalisation consiste précisément dans la mise à l'écart de toute individualité (Le Blanc, 1998, p. 52). La normalisation tend à annuler l'individualité.

La génétique du laboratoire élimine l'individu en créant les lignées dites pures, c'est-à-dire homozygotes, ainsi que les clones. La volonté d'établir des classifications va également à l'encontre d'une reconnaissance des individualités. Il faut regrouper, constituer des groupes identiques. Et en fait, dans un mouvement d'éclatement, les multiplicités classificatoires tentent souvent en vain, de rejoindre la multiplicité des individus. La conception des espèces, constituées d'une forme type et de variations perçues comme des altérations, est également fortement ancrée dans la pensée naturaliste. Les écarts, les singularités sont négligées.

Les fantasmes de métamorphose, la possibilité imaginaire de transformations indéfinies ne facilitent pas la conception de variations individuelles stables (Canguilhem, 1968).

Les jumeaux et les clones exercent une fascination, c'est-à-dire une attraction et une répulsion.

Les fantasmes d'uniformisation des individus comme l'illustre le mythe de Procuste (Mondiet-Colle, 1989) et de la société humaine (Debru, 2003, p. 396) vont également à l'encontre de l'acceptation de variations individuelles.

La conception substantialiste de l'individu, c'est-à-dire d'un individu défini comme entité spatio-temporelle, comme nous l'avons rappelé au paragraphe précédent, est fortement ancrée dans l'esprit naturaliste. Elle nie la conception relationnelle et historique de l'individualité.

6. La normalisation rectifiée par la normativité conduit à l'individualisation

Il convient maintenant de relier les deux thèmes analysés : la normalisation et l'individualisation. Si l'on suit les travaux de Pierre Bourdieu les *normes sociales* exerceraient une contrainte forte sans échappatoire. La seule possibilité serait l'intériorisation de ce qui est inéluctable, c'est-à-dire un réel « *travail de deuil* » (Schwartz, 1988, p. 377). Les remises en cause se feraient à la marge.

L'individualisation biologique est le fruit d'un double processus de mutation et de sélection. Par-delà la stabilité du génome, la variation conduit à la diversification et au polymorphisme. S'appuyant sur cette variabilité biologique et dans une perspective darwinienne, Canguilhem (1943, 1966) soutient la thèse de philosophie biologique, de médecine et plus largement d'anthropologie qu'il nomme la *normativité*. L'invention permanente de nouvelles normes est possible. L'homme normatif fait craquer les normes et en institue de nouvelles. Et instituer de nouvelles normes c'est créer des écarts individualisant. Cette thèse est relativement admise aujourd'hui en philosophie. En médecine elle est enseignée dès la première année d'étude. Elle est presque totalement ignorée chez les enseignants de SVT car pour eux il s'agit de philosophie, c'est-à-dire d'une réflexion extérieure à la science et qui n'a donc pas lieu d'y trouver sa place ! Un enseignement de la rationalité de l'alimentation peut se réduire à une liste de besoins qualitatifs (glucides, lipides, vitamines, oligo-éléments, etc.) et de besoins quantitatifs (calories, rations, etc.). Inutile d'évoquer l'expression sociale des besoins et ses variations géographiques. Inutile d'analyser les mécanismes de la société de consommation, les rapports économiques entre production et consommation, l'utilisation de « l'arme alimentaire ». Rien n'oblige à assimiler gros et grossièreté, à faire l'éloge ambigu de la différence, mais il est bien difficile d'enseigner « comment manger mieux », sans crier fut-ce implicitement « haro sur les gros ». L'éthique commence tout juste à prendre place dans les programmes de lycée, mais bien souvent comme un ensemble de normes qu'il suffit d'énoncer éventuellement sous forme de loi et auxquelles il faut se conformer sous peine de sanctions. Un problème éthique est un problème toujours nouveau et qu'il faut poser à nouveaux frais « *ici et maintenant* » pour définir de nouvelles normes. Qu'on pense au clonage thérapeutique, à l'utilisation des cellules souches embryonnaires, et *a fortiori* au clonage reproducteur.

La normativité se manifesterait tout particulièrement dans la rébellion légitime, thème canguilhémien s'il en est. Il ne s'agit pas d'échapper aux normes mais d'en inventer de nouvelles en faisant usage d'initiatives et en ouvrant bien souvent un conflit. On peut cependant noter l'ambiguïté de cette normativité car toute résistance n'est pas nécessairement positive. Il faut donc poser comme terme d'un conflit ce qui est pour chaque individu, dans chaque situation, le choix entre ce qui constitue « *le mécanisme et/ou la valeur* » (Schwartz, 1988, p. 834). Dans cette perspective la normalisation incessamment rectifiée par la normativité pathologique, biologique ou sociale développe l'individualité et conduit à la respecter. Les deux caractéristiques biologiques, médicales et sociales de la vie humaine inscrites dans son corps peuvent s'articuler. Cette normativité permet de dépasser la normalisation sans l'annuler.

7. Prolongement

Debru propose de prolonger actuellement cette thèse de la normativité. L'inventivité doit être « orientée par l'avenir ». Le besoin de prévision est fortement ancré et condensé dans l'aphorisme positiviste « savoir pour prévoir, prévoir pour agir ». Selon Jonas on peut lui ajouter un principe de responsabilité (Debru, 2003, p. 13-15), mais c'est insuffisant. L'invention technique et l'invention scientifique s'effectuent toujours dans un contexte d'incertitude. Il existe de nombreuses situations où il est impossible en l'état actuel des connaissances de prévoir les conséquences de la réalisation d'un possible avant de l'avoir effectivement réalisé. Le principe de précaution tend à nier cet aspect de la recherche et donc à la stériliser. « C'est peut-être une anthropologie de l'incertitude, ou plutôt de l'action sous l'incertitude, qui peut être imaginée dans le prolongement d'une anthropologie de la normativité et d'une philosophie de la responsabilité ». ■

BIBLIOGRAPHIE

- ARRIGHI M. (2000). La variabilité de la taille et du poids chez l'homme : moyenne statistique, normalité, normativité. Une approche interdisciplinaire au collège. *Aster*, n° 30, p. 143-168.
- BERNARD J., BESSIS M. & DEBRU C. (Éd.) (1990). *Soi et non-soi*. Paris : Éd. du Seuil.
- BLANCHARD S. (2006). Obésité : la France sur la voie des États-Unis. *Le Monde*, 20 janvier 2006, p. 22.
- BONTEMPS V. (2005). Obésité : vers une épidémie mondiale ? *Le Monde télévision*, 15 mai 2005.
- BING F., BRAUNSTEIN J.-F. & ROUDINESCO E. (1998). *Actualité de Georges Canguilhem. Le normal et le pathologique*. Actes du colloque de la société internationale d'histoire de la psychiatrie et de la psychanalyse (1993). Paris : Institut Synthélabo.
- CANGUILHEM G. (1965). Le normal et le pathologique. In *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin, p. 155-169 (notion d'individu : p. 28, 62-72, 85, 157-159).
- CANGUILHEM G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM G. (1968). *Études d'histoire et de philosophie des sciences concernant les vivants et la vie* [7^e éd. augmentée, 1994]. Paris : Vrin (notion d'individu : p. 239, 331, 339-343, 359, 389, 405).
- CANGUILHEM G. (1968). Vie. In *Encyclopaedia Universalis*.

- COLLECTIF (1993). *Georges Canguilhem, Philosophe, historien des sciences*. Actes du colloque décembre 1990, augmenté de la conférence *Le cerveau et la pensée* (1980). Paris : Albin Michel.
- CLÉMENT C. (1996). Individualité. In *Encyclopaedia Universalis*.
- CLOTY. (1998). Le normal et le pathologique en psychologie du travail. In *Lectures de Canguilhem*. Lyon : ENS Éd. Fontenay Saint-Cloud.
- COLLECTIF NATIONAL DES ASSOCIATIONS D'OBÈSES (2005). L'obésité tue, ça vous fait toujours marrer ? 20 minutes, n° 769, 24 juin 2005, p. 17.
- COOPER R., ROTIMI C. & WARD R. (1999). L'hypertension chez les Noirs d'Amérique. *Pour La Science*, n° 258, p. 62-68.
- DEBRU C. (2003). *Le possible et les biotechnologies*. Paris : PUF.
- DEBRU C. (2004). *Georges Canguilhem, science et non-science*. Paris : ENS édition.
- DEWAELE J. (2003). L'enseignement des concepts de soi et non-soi. *Biologie-Géologie*, n° 2, p. 287-295.
- DROUIN A.-M. (1990). L'étrange individualité de l'être. *Aster*, n° 10, p. 83-95.
- DOLTO B. (1976). *Le corps entre les mains*. Paris : Hermann.
- DOLTO F. (1984). *L'image inconsciente du corps*. Paris : Éd. du Seuil.
- FAGOT-LARGEAULT A., DEBRU C. & MORANGE M. (2005). *Journée d'étude en hommage à Georges Canguilhem « Philosophie et médecine » : 10 juin 2005*. Paris : Collège de France.
- FAGOT-LARGEAULT A. (1993). Normativité biologique et normativité sociale. In *Les fondements naturels de l'éthique*. Paris : Odile Jacob.
- FONTENAY (de) É. (1982). L'individu. *Le Monde*, 10 juillet 1982.
- GAYON J. (2000). Le concept d'individualité dans la philosophie biologique de Georges Canguilhem. In G. Le Blanc. *Lectures de Canguilhem*. Lyon : ENS édition.
- GIRAULT Y. & GIRAULT M. (1999). *L'aléatoire et le vivant*. Paris : Diderot édition.
- GOHAU G. (1990). Le soi et le non-soi. *Aster*, n° 10, p. 47-55.
- GOULD S.J. (1983). *La mal-mesure de l'homme*. Paris : Éd. Ramsay.
- LE BLANC G. (1998). *Canguilhem et les normes*. Paris : PUF.
- LE BLANC G. (Éd.) (2000). *Lectures de Canguilhem. Le normal et le pathologique*. Lyon : ENS éditions.
- LE BLANC G. (2002). *La vie humaine. Anthropologie et biologie chez Georges Canguilhem*. Paris : PUF.

- LECOURT D. (1993). La question de l'individu d'après Georges Canguilhem. In *Canguilhem philosophe, historien des sciences*. Paris : Albin Michel, p. 262-270.
- MONDIET-COLLE C. (1989). *Le mythe de Procuste. La taille humaine entre norme et fantasme*. Paris : Éd. du Seuil.
- MOULIN A.-M. (1986). Les fondements biologiques de l'individualité. In Hervé Barreau (Éd.). *Le même et l'autre. Recherches sur l'individualité dans les sciences de la vie*. Paris : CNRS.
- MOULIN A.-M. (1991). *Le dernier langage de la médecine. Histoire de l'immunologie de Pasteur au SIDA*. Paris : PUF.
- POTET F. (2005). À bas la grossophobie. *Le Monde*, 27 septembre 2005, p. 15.
- QUÉTELET A. (1835). *Sur l'homme et le développement de ses facultés, essai d'une physique sociale*. Bruxelles : Mucquardt.
- QUÉTELET A. (1871). *Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*. Bruxelles : Mucquardt.
- Revue de métaphysique et de morale* (1985) : numéro spécial sur G. Canguilhem.
- ROLLAND-CACHÉRA M.-F. (1995). *L'obésité de l'enfant ; évaluation, prédiction des mesures de l'adulte. Évolution de l'adiposité aux différents âges de la vie*. Paris : INSERM.
- SALOMON BAYET C. (2000). Georges Canguilhem en son temps. *Revue d'histoire des sciences*, vol. 1, n° 53.
- SCHWARTZ Y. (1988). *Expérience et connaissance du travail*. Paris : Éditions sociales.
- TORT M. (1972). *Le quotient intellectuel*. Paris : Maspéro.
- VALABREGA J.-P. (1980). *Phantasme, mythe, corps et sens*. Paris : Payot.
- VALÉRY P. (1925). Sur la crise de l'intelligence. In *Œuvres*. Paris : Gallimard.

Connaissance de son corps par la rencontre avec l'animal chez le jeune élève ?

Michèle Dell'Angelo-Sauvage, IUFM de l'académie de Créteil ;
UMR STEF (ENS Cachan et INRP) ; michele@dellangelo.com

Maryline Coquidé, UMR STEF (ENS Cachan et INRP) ;
maryline.coquide@inrp.fr

Nous discutons les potentialités que représentent les rencontres de l'enfant avec l'animal dans la découverte de son propre corps et des caractéristiques anatomiques du corps humain en général, dans l'approche des fonctions de nutrition, de reproduction et de relation, et aussi pour appréhender son individualisation et sa finitude. Quelle place est accordée à ces rencontres dans les curriculums tant prescrits, que potentiels ou réels en CM2 ? Qu'en résulte-t-il sur les réponses d'élèves à propos des grandes fonctions physiologiques ? Dans le cadre d'une thèse en cours, nous avons suivi les pratiques scolaires effectives d'enseignement sur le corps humain de quatre classes de CM2 et des entretiens semi directifs ont été menés auprès de vingt-cinq élèves. Dans cette étude, nous constatons que les rencontres avec l'animal lors des activités scolaires observées ont été restreintes et nous avançons des hypothèses sur les difficultés éventuelles rencontrées. Nous analysons des extraits de discours relatifs à la digestion, à la respiration et à la reproduction, d'élèves face à des animaux.

Le corps humain et son propre corps sont l'objet de vive curiosité et de multiples interrogations chez l'enfant (Kerlan & Cottet-Emmard, 1979). Corps organisé, sexué, qui a une forme et une histoire, appareil de perception et d'action, il permet la relation au monde et à autrui. Traversé par de multiples flux de matière, siège de constantes transformations, procurant des sensations agréables ou désagréables, de bien-être ou de douleur, il permet une prise de conscience de la santé, de la complexité et de la fragilité des mécanismes qui peuvent y intervenir.

Quel rôle éducatif peut avoir une présence animale pour l'enfant en train de découvrir son corps ? Nous discuterons dans un premier temps de l'importance

de cette rencontre dans les différentes dimensions du développement et de la santé de l'enfant, puis nous verrons d'autre part combien elle peut favoriser le questionnement, l'investigation et la construction de connaissances relatives au corps et à son fonctionnement. Nous analyserons ensuite des éléments relatifs à ces rencontres, extraits de curriculums prescrits, potentiels et réels au cycle 3. Nous présenterons enfin des extraits d'entretiens menés auprès d'élèves de fin d'école primaire.

I. Rencontres avec l'animal et compréhension de son corps

I.1. En quoi une présence animale peut-elle contribuer à découvrir son propre corps ?

• Se sentir « être vivant »

Une présence animale peut-elle contribuer à faire sentir l'« être vivant », souvent enfoui sous l'« être pensant » ? « *Pris à la lettre et en toute rigueur* », remarquait déjà Canguilhem (1947) : « *le rationalisme, philosophie de l'homme savant, finirait par faire perdre de vue à l'homme qu'il est un être vivant* ». Actuellement, constate de son côté la philosophe Élisabeth de Fontenay (1999), le rapport à l'animal « *se dissout dans le biologisme, le scientisme et l'éthologisme* ». Cependant, lors d'une investigation concrète, il ne peut être question que d'intellectualité : tout sujet est ainsi touché par son rapport affectif et émotionnel au vivant. Par ailleurs, l'attention au ressenti de son propre corps, la découverte de sa forme et de ses fonctionnalités, la sensation de sa propre vitalité dans un organisme malade ou en pleine santé, contribuent à l'expérience de soi-même en tant qu'être vivant. Favoriser le développement de rapports au vivant conduit, tôt ou tard, à percevoir la vie comme « *ensemble des fonctions qui résistent à la mort* », selon les termes bien connus de Bichat, repris par Canguilhem (1968, p. 225) et permet, sans se restreindre à des aspects uniquement biologiques, d'envisager un accompagnement quand un enfant se trouve confronté à l'irréversibilité de la mort.

Beaucoup de sujets sont devenus tabous dans notre société. Deunff (2000) montre à quel point le silence autour de la mort peut fausser les rapports du jeune enfant avec le vivant. Les volailles, les poissons qui étaient autrefois l'occasion de contact avec les organes, sont depuis longtemps vendus vidés, et parfois même privés le plus possible de ce qui peut rappeler l'animal vivant (poisson sans la tête, volaille en filets).

• Présence animale et découverte de l'individualité de son corps

Une première difficulté pour l'enfant, dès la naissance, semble être de prendre conscience de sa finitude, de distinguer son corps de celui de sa mère (Wallon, 1941). La réflexivité de la sensibilité tactile apparaît alors primordiale : « *quand je*

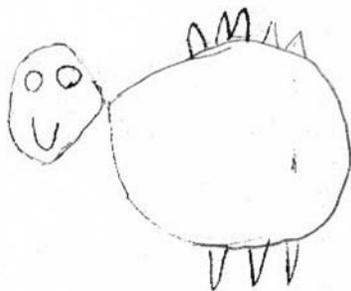
« touche un objet quelconque », explique Pichot (1991, p. 91) avec un point de vue de phénoménologue, « je sens cet objet, mais en même temps je me sens touché par l'objet. [...] Ce sens du toucher, en même temps qu'il me donne des informations sur les objets, me donne "en négatif" des informations sur les limites de mon corps ». La vue permet de plus à l'enfant d'affiner cette perception d'un corps biologique indépendant. Montagner (2002) parle d'acquisition des compétences-socles¹ et montre que, dès ce moment, l'animal familier peut établir une relation lorsqu'il est capable d'échanger des regards sur un assez long laps de temps : c'est le cas du chien. À son contact et par l'observation de ses déplacements, l'enfant développe une conception plus individuelle de son propre corps.

• **Présence animale et découverte de la forme et des caractéristiques du corps**

Le corps est issu du développement et du maintien d'une forme spécifique, caractéristique essentielle de tout organisme vivant (Gay, 1996). Il faut plusieurs années pour que l'enfant se représente avec un corps et des membres distincts de la tête. Côtayer des animaux différents contribue au constat d'autres organisations : une longue queue, six pattes et des antennes, une coquille et pas de jambes, des yeux sur le côté, de grandes pattes... Laperrière (1993) montre la distanciation qui s'opère peu à peu lorsqu'un enfant se familiarise avec un animal. Les dessins de poisson, réalisés successivement par le même élève et présentés dans le document 1², illustrent ainsi un changement de représentation : un premier dessin où l'anthropomorphisme domine et un autre dessin d'un poisson avec une forme caractéristique.

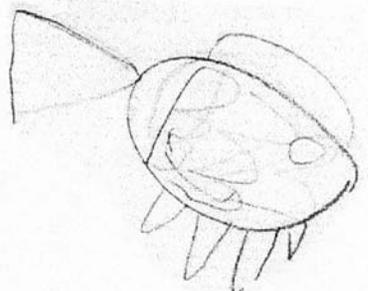
Document 1. Deux dessins de poisson rouge réalisés par le même élève en moyenne section

Après une première rencontre avec l'animal



Le poisson est représenté avec une face humaine, il n'a pas de queue, des sortes de pattes sont placées des deux côtés.

Après plusieurs séances d'observation



Le poisson est représenté de profil avec une queue, des écailles et des nageoires.

1 Les compétences-socles : l'attention visuelle soutenue, l'élan à l'interaction, les comportements affiliatifs, l'organisation structurée et ciblée du geste, l'imitation.

2 Dessins extraits du mémoire professionnel de Gaëlle Chauvelon, PE2, IUFM de l'académie de Créteil, 2004.

Pour parvenir à placer correctement l'œil du poisson, il faut être capable d'établir une comparaison et une différenciation d'avec soi-même. Il en est de même pour la tête qui n'est plus dissociée du corps dans le second dessin. Ces évolutions nécessitent, comme le développe Guichard (1998), une participation de l'élève, à des activités diversifiées : observation, schématisation... Il peut, aussi, être incité à vivre l'expérience des ressemblances ou des différences : nager comme un poisson, sauter comme une grenouille, marcher comme un chat, ramper comme un ver de terre... L'anthropomorphisme, qui conduit à appliquer des catégories ou des représentations humaines au monde non-humain peut, selon les contextes, représenter soit un obstacle soit une aide dans une démarche scientifique. Si une « tête » est tout d'abord représentée uniquement comme une « tête humaine », ou comme une partie du corps séparée du tronc par un cou, l'élève peut, au contact d'animaux diversifiés, s'interroger et être accompagné pour mettre à l'épreuve cette conception. « *Mais alors le poisson... il a aussi une tête !* » s'exclame spontanément ce petit garçon de CP venant de comprendre qu'une tête était plutôt la partie du corps d'un animal qui portait la bouche et tout un ensemble d'organes sensoriels, dont les yeux. Ce peut aussi être une forme d'anthropomorphisme qui conduit à s'interroger sur l'existence de fonctions biologiques analogues à celles des humains chez d'autres êtres vivants.

Progressivement, en observant, en comparant, l'élève se découvre individu, au sein des humains, et individu unique, par les caractéristiques générales de son corps, de sa silhouette, de son visage, de ses cheveux, de sa peau...

• **Rencontre avec l'animal
et développement de compétences motrices et sensorielles**

En tenant un animal délicatement entre ses doigts, l'enfant affine ses qualités de perceptions tactiles. Il découvre différents types de peau : une peau douce ou rugueuse, sèche ou humide. Il précise ses capacités d'écoute, distingue les différents cris des animaux. Son odorat se développe au contact de différentes odeurs : celles qui témoignent de la nécessité de nettoyer une cage (féces, urine, humidité...), celles que l'on découvre dans les différents locaux d'une ferme ou lors d'une visite au zoo. Le chien qui prévient de l'arrivée d'un visiteur en entendant des bruits imperceptibles, ou qui retrouve à l'odeur des objets cachés fait prendre conscience à l'enfant des limites de ses propres capacités sensorielles. Il se rend compte que ses yeux « lui mentent » en lui indiquant une eau limpide ou un corps lisse, alors que le simple usage d'un instrument, comme la loupe ou le microscope, lui révèle des dizaines d'êtres vivants ou de petits poils.

1.2. Comment une présence animale contribue-t-elle à découvrir des aspects relationnels ?

• Un corps communicant

Levinson (1985) décrit « le rôle structurant et médiateur du contact avec l'animal ». Quelle que soit l'espèce, un système d'échanges muets s'installe. L'enfant découvre et comprend les attitudes corporelles de l'animal et parvient à lui montrer ses volontés et ses sentiments.

Avec le développement du système nerveux, l'établissement de connexions neuronales encéphaliques de plus en plus nombreuses, ce sont les perceptions sensorielles externes de l'enfant qui s'affinent. Une présence animale peut renforcer ces phénomènes. L'animal va se laisser toucher, caresser, parfois même taper. Il va manifester et donc faire comprendre son plaisir ou son mécontentement, voire sa douleur. L'enfant va faire le lien entre ses actes et ce qu'il entend, cris ou grognements ; ou ce qu'il voit : les faciès de colère par exemple ou bien encore l'éloignement. Le coup de griffe du chat ou l'écartement systématique du chien, vont lui enseigner le respect et la prudence.

• Communication et « être bien avec les autres »

La responsabilité de s'occuper des élevages de la classe, toujours sous la vigilance de l'enseignant pour les jeunes élèves qui n'ont pas atteint la possibilité de comprendre les conséquences de leurs actes, contribue au développement d'une confiance partagée. L'élève peut observer le résultat de ses actions, ce qui améliore la compréhension qu'il a de lui-même (Eckerlin & Filiatre, 1995, p. 43). Par ailleurs, des liens affectifs et émotionnels se créent entre l'animal et l'enfant. Selon Millot (1995, p. 38) ces liens sont susceptibles d'« induire ou conforter la motivation des enfants à apprendre ». Les conséquences sont souvent visibles auprès des enfants timides ou introvertis. Il n'est pas rare d'entendre s'exprimer, pour la première fois, un élève qui ne faisait jusque-là que répondre aux questions de l'enseignant lorsqu'il y était obligé (Eckerlin & Filiatre, 1995, p. 45). Montagner (2002, p. 227-231) décrit la transformation de l'élève « face au questionnement que suscite la reconnaissance de leur talent d'apprivoiseur de rat ». Les enfants agités, instables, hyperactifs ont l'occasion de prendre du recul et de trouver des repères par rapport aux êtres et aux choses. Face à l'animal, ils ont une motivation précise, ils se projettent dans le futur et pensent, par exemple, à donner à manger à l'animal de la classe pour deux jours.

• Hygiène, santé et « bien-être »

Élever des escargots ou des chenilles fait découvrir la quantité de feuilles nécessaire pour les nourrir. Installer un élevage, un aquarium d'eau douce par exemple, conduit aussi les élèves à se questionner sur l'environnement susceptible d'apporter aux animaux une qualité de vie satisfaisante. Il s'agit donc de réfléchir aux besoins vitaux et, d'une certaine façon, d'anticiper la définition de critères de

bien-être. Demander à l'enfant de définir ce qui sera bien pour l'animal le conduit à transposer ce qu'il considère comme bien pour sa propre vie. Faut-il mettre des plantes uniquement pour le plaisir d'avoir un joli décor ou bien parce qu'elles vont aussi apporter de l'oxygène ? À quoi servent les poissons nettoyeurs de vitres ? Sera-t-il agréable à notre combattant³ de lui amener un copain de son espèce ? Comment faire pour que l'eau reste propre ?

Dans un tout autre registre, celui de l'hygiène, l'enfant constate certaines potentialités et certaines limites. Tous les êtres vivants ont une enveloppe corporelle fragile, qui nécessite des soins : c'est le chien que l'on brosse, la cage du hamster que l'on nettoie, le chat que l'on vaccine. L'importance des actions à entreprendre pour protéger l'animal aide l'enfant à comprendre la nécessité de comportements analogues pour lui.

1.3. En quoi l'animal permet-il d'interroger et de comprendre le fonctionnement de son corps ?

Définir le vivant semble actuellement impossible. Selon leurs domaines de compétence, les chercheurs s'attachent à des composantes différentes sans qu'aucun consensus ne puisse être obtenu (Morange, 2003). Pour l'enfant, ce sont plusieurs critères et fonctions qui vont permettre de distinguer le vivant de l'inerte :

- des besoins vitaux (eau, aliments et oxygène), le rejet de déchets et, avec eux, les grandes fonctions de nutrition : la respiration, la digestion, la circulation et l'excrétion ;
- la naissance, la sexualité, le développement de corps sexués et le rapprochement de l'autre, l'âge adulte, le vieillissement et la mort et, avec eux, les fonctions de reproduction et les cycles de vie ;
- la locomotion et la motricité, la sensibilité et la réactivité, évidentes chez des animaux et plus discrètes chez les végétaux et, avec eux, les fonctions de relation.

Se confronter à des élevages différents, tout au long de sa scolarité, est source de curiosité et d'un questionnement véritable sur ces grandes fonctions et sur l'anatomie. C'est le constat des feuilles de salade grignotées et la découverte des crottes, qui conduisent à regarder si l'escargot a une bouche et un anus. L'observation de la bouche du poisson qui s'ouvre et se ferme régulièrement et celle des mouvements de ses ouïes suscitent une interrogation sur l'existence de mouvements respiratoires, même sous l'eau.

Une autre rencontre est celle des animaux morts ou de pièces anatomiques permettant des dissections. Dans l'enseignement secondaire quelques dissections

³ Le combattant est un poisson qui ne supporte pas la présence d'un autre mâle et qui va tout de suite le combattre (d'où son nom).

peuvent être pratiquées par les élèves (toutes précautions matérielles, sécuritaires et éthiques prises) mais il semble que la réticence augmente avec l'âge (Darnet, 2003). Comme il n'est pas envisageable de sacrifier un animal uniquement à des fins de dissection, la vidéo apparaît comme un recours utilisable (N'Diaye, 1990).

Les élèves de cycle 3 ont aussi besoin d'être mis en contact avec la réalité. La dissection d'animaux ou de pièces anatomiques, provenant uniquement du poissonnier, du volailler ou du boucher, a toute son utilité. Construire une maquette fonctionnelle de bras, en interaction avec la manipulation d'une patte de lapin ou de grenouille, permet de voir l'organisation des os, de situer des attaches musculaires et de préciser les mécanismes du mouvement corporel. Il s'agit, par une mise effective en contact, de découvrir structure et fonction des systèmes et de certains organes, de dépasser des réticences éventuelles et de prendre pleinement conscience de l'identité entre de la viande et des muscles.

La compréhension de l'organisation du tube digestif pose des problèmes souvent évoqués dans différents ouvrages (de Vecchi & Giordan, 1996). La dissection d'un poisson mort peut se résumer à son ouverture (comme si on devait le vider) mais l'observation de l'organisation d'un appareil digestif permet de découvrir sa complexité. La mise en évidence d'un tube creux, allant de la bouche à l'anus avec un renflement nommé estomac, peut induire un questionnement et une comparaison avec son propre tube digestif. Mais elle risque aussi d'installer définitivement une conception de la digestion comme simple passage des aliments dans le tube digestif pensé comme une tuyauterie ; conception qui pourra se renforcer si l'élève n'est pas conduit à problématiser la nutrition en termes fonctionnels et de milieu intérieur (Clément, 1991 ; Sauvageot, 1993).

2. Place de l'animal dans les enseignements du corps et des fonctions biologiques à l'école primaire

2.1. Curriculum prescrit

Quels sont les encouragements et les limites à l'utilisation du modèle animal pour permettre à l'élève de connaître son propre corps ? L'utilisation d'élevages est préconisée dans les programmes officiels français⁴. L'observation d'organe n'est pas évoquée mais elle figure explicitement dans les documents d'application : pour comprendre les mouvements « *par comparaison avec l'observation de pattes d'animaux*⁵ », pour étudier la respiration et la circulation « *en s'appuyant sur des documents [...] et l'observation de quelques organes animaux* ».

⁴ Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire, BO, numéro 1 du 14 février 2002.

⁵ Document d'application des programmes, sciences et technologie cycle 3, p. 19.

2.2 Curriculum potentiel

Si les instructions officielles engagent à mettre les élèves en contact avec le vivant sous toutes ses formes, un certain nombre de difficultés sont à surmonter pour que ces pratiques apparaissent dans les classes.

• Les relations aux animaux

Un classement, couramment répandu dans l'inconscient collectif, place les mammifères au sommet de la hiérarchie animale et relègue les invertébrés et encore davantage les végétaux à des niveaux subalternes du monde vivant (Coquidé, 2000). L'intérêt de l'enfant et son degré d'identification aux êtres vivants, dont on a vu l'importance dans la découverte de son corps, pourront donc être différents.

La vue de certains animaux peut mettre en évidence certains comportements phobiques comme la fuite face à une araignée ou à une souris (N'Diaye, 1990, p. 97). Il peut aussi s'agir de simples peurs : crainte d'une éventuelle agression, de sa propre maladresse, d'un contact désagréable... Par ailleurs, tout au long de sa vie l'enfant est témoin et acteur des relations que les humains, et en particulier sa famille, entretiennent avec les êtres vivants. Celles-ci peuvent être très complexes. Par exemple, en ce qui concerne les relations à la nature, Terrasson (1997) divise les êtres humains en deux groupes : d'un côté ceux qui aiment la nature, la respectent, composent avec elle, et de l'autre ceux qui la craignent, sont effrayés par son exubérance et ainsi pensent à la maîtriser, la dominer, la vaincre. L'enfant a pu observer divers comportements humains envers les animaux. Il a pu entendre différents discours, parfois uniquement en termes affectifs ou utilitaires. À côté de ce type de relation aux animaux, l'école vise le développement d'un registre cognitif dans le rapport aux animaux (Dell'Angelo & Coquidé, 2005).

• Une réticence des enseignants

D'autres composantes conditionnent à la fois l'entrée de l'animal dans la classe et la façon de le considérer, de l'étudier, de l'estimer : il s'agit de la culture et du rapport aux vivants de l'enseignant lui-même. De nombreux professeurs des écoles, lorsqu'ils sont interrogés sur les séances de biologie qui les ont impressionnés, citent la dissection de la grenouille ou de l'œil de bœuf (Flageul & Coquidé, 1999). Ils n'ont souvent aucune envie de reproduire cela avec leurs élèves. Par ailleurs et pour l'avoir expérimenté, les professeurs des écoles savent que présenter un animal aux élèves ne suffit pas et que ce contact doit être intégré à une démarche qu'ils ne maîtrisent pas toujours.

2.3. Curriculum réel

Dans le cadre d'une thèse en cours, nous avons recueilli des informations sur les pratiques scolaires effectives de quatre classes de CM2 (élèves âgés de

10-11 ans), deux dans une même école de milieu semi-rural et les deux autres en milieu urbain dont une classe en ZEP.

Le protocole de recherche a consisté à observer et à enregistrer, tout au long d'une année scolaire, les cours de sciences dans ces quatre classes de CM2.

Un bilan a été effectué, relatif aux fonctions abordées en relation avec le corps et aux rencontres avec l'animal, vivant ou mort, qui ont pu avoir lieu. Ces données sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Thèmes abordés et activités proposées aux élèves dans les quatre classes de CM2 support à cette recherche

CM2	Fonctions	Nombre de séances	Principaux supports
A	Alimentation	2	Confection d'affiches Polycopié
	Digestion	3	Observations sur leur corps de la première étape dans la bouche Observations de radiographies Polycopiés Enquête Matériel pour manipulations Construction de maquette
	Respiration	3	Observations sur leur corps Polycopiés Enquête Matériel pour manipulations
	Circulation	3	Observations sur leur corps Polycopiés Dissection de cœur - poumon de mouton par l'enseignant Construction de maquette Dessin animé « Il était une fois la vie »
	Reproduction	1	Exposé d'élève Document vidéo « Accouplements dans différentes espèces »
B	Respiration	5	Observations sur leur corps Polycopiés Dissection de poumons de mouton par l'enseignant
	Circulation	3	Observations sur leur corps Polycopiés Dissection de cœur de bœuf par l'enseignant Matériel pour manipulations
	Reproduction	1	Exposé d'élève
C	Digestion	2	Polycopiés
	Respiration	4	Observations sur leur corps Polycopiés Poster du commerce Squelette miniature
	Circulation	4	Polycopiés Poster du commerce

D	Digestion	5	Polycopiés Jeu Construction de maquette Dessin animé « Il était une fois la vie » Matériel pour expérimentation
	Le goût	2	Polycopiés Manipulation sur eux-mêmes
	Respiration	5	Observations sur leur corps Polycopiés Petit écorché Construction de maquette Dessin animé « Il était une fois la vie »
	Circulation	4	Polycopiés Dissection d'un ensemble cœur - poumons de mouton par l'enseignant Dessin animé « Il était une fois la vie », émission « C'est pas sorcier » Livres, dictionnaires
	Reproduction	2	Polycopiés Diapositives Document vidéo Livres et dictionnaires Observation d'échographies

Les données recueillies dans le tableau I permettent de constater l'importance donnée, dans les quatre classes suivies, aux polycopiés et aux vidéos, dessins animés ou émissions de vulgarisation. Un modèle vivant de prédilection a cependant été utilisé aussi pour les investigations : le corps de l'enfant lui-même.

Pour appréhender des éléments d'anatomie, des organes provenant d'animaux ont été présentés dans trois des quatre classes : un cœur de mouton ou de bœuf, et des poumons. À chaque fois, c'était l'enseignant qui les tenait, les montrait, les décrivait puis les disséquait. L'introduction des organes a eu lieu après l'étude de la respiration dans les classes A et D et pendant le travail sur la circulation dans la classe B. Pour cette classe, les organes ont été présentés en deux temps, d'abord avec les poumons en classe entière, puis uniquement un cœur disséqué en demi classe, pendant que les autres élèves réalisaient en autonomie différentes manipulations en rapport avec la circulation.

Nous n'avons pas constaté l'expression de représentations ou d'interrogations des élèves avant la dissection, ni la construction d'un problème biologique avant ou après la manipulation. Les élèves étaient uniquement dans une découverte de matériel, sans que cette observation soit inscrite dans une démarche d'investigation. Néanmoins, dans chacune de ces classes, l'observation des organes animaux a provoqué un questionnement des élèves sur le fonctionnement et la structure du poumon et du cœur.

Dans tous les cas, quelques élèves se sont déclarés dégoûtés ou impressionnés. En retrait au début de la séance ils se sont progressivement rapprochés allant parfois jusqu'à toucher ou manipuler le cœur lorsque l'enseignant l'a permis.

3. Des connaissances et des interrogations sur le corps et les fonctions d'élèves de fin d'école primaire face à des animaux

3.1. La recherche entreprise

Notre recherche porte sur le changement éventuel des rapports aux vivants des élèves des classes de CM2 après un an d'enseignement de *sciences de la vie et de la Terre* (SVT) en sixième (élèves âgés de 11-12 ans). Une cohorte d'élèves est ainsi suivie, en classe de CM2 puis en sixième.

Nous avons procédé à des entretiens semi-directifs auprès de vingt-cinq élèves issus des quatre classes de CM2 évoquées auparavant. Ils permettent de déterminer les acquis et les interrogations d'élèves de fin d'école primaire sur diverses fonctions biologiques : la digestion, la respiration et la reproduction.

Six élèves de chacune des quatre classes ont été sélectionnés par les enseignants selon trois critères :

- une diversité des élèves, selon des indicateurs de réussite scolaire de l'enseignant (deux « bons », deux « moyens », deux « faibles ») ;
- un nombre équivalent de garçons et de filles ;
- des élèves semblant ne pas être trop intimidés.

Chaque entretien réunissant l'*interviewer* et un élève a duré une heure environ. Ils ont été réalisés dans un contexte scolaire (dans une salle de classe de l'école), hors temps scolaire et ont été enregistrés (audio et vidéo). L'élève savait que ces enregistrements étaient destinés à « se souvenir de ce qu'il dirait ».

L'élève était placé face à un ensemble d'êtres vivants, animaux ou végétaux, isolés ou dans un milieu de vie reconstitué. L'objectif général, dans ce travail sur les rapports aux vivants des élèves, était d'observer les réactions et les comportements de l'enfant face à des êtres vivants. Il s'agissait aussi de lui faire préciser son positionnement et ses questionnements et d'évaluer ce qu'il avait retenu des enseignements. Onze élèves sur vingt-cinq ont déclaré ne pas avoir eu d'expérience d'élevage dans leurs classes successives.

Au cours de l'entretien, les questions de l'*interviewer* (document 2) permettent de solliciter la compréhension des grandes fonctions biologiques, en particulier celles qui avaient été étudiées durant l'année scolaire. C'est dans ce dernier registre que nous avons extrait des informations pour cet article.

**Document 2. Extraits du contexte de l'entretien
et du guide utilisé par l'interviewer**

Un rat blanc que l'élève pouvait sortir de sa cage s'il le désirait

Cet animal a été choisi car c'est un mammifère, doux à caresser, mais pouvant susciter de la peur ou une phobie. À l'état sauvage, le rat est craint car il peut véhiculer des maladies et endommager certains matériaux en sa qualité de rongeur. Possédant des mains très semblables aux nôtres, un régime alimentaire omnivore, des capacités à communiquer sans produire de son, cet animal se prête à une identification de l'enfant. Les questions principales étaient : veux-tu le prendre ? aurais-tu envie d'avoir un tel animal chez toi ou à l'école ? à quoi pourrait-il servir à l'école ? si on voulait des bébés que faudrait-il ?

Un maquereau non vidé que l'élève pouvait disséquer s'il le désirait

Le choix de cet animal mort, assez loin de tout animal familier, au mode de vie aquatique et à l'anatomie très différente de celle des humains devait éviter une identification trop importante. Les questions principales étaient proches des précédentes : que pourrait-on faire en classe avec lui ? que pourrait-on voir en le disséquant ? souhaites-tu le faire ?

3.2. Respirer, digérer : toujours un problème de tuyaux

En ce qui concerne la respiration et la digestion, l'analyse des entretiens permet de mettre en évidence la persistance de conceptions documentées dans de nombreuses recherches.

• **Qu'est-ce que digérer ?**

Les élèves des classes A, C et D ont eu un enseignement sur la digestion durant l'année scolaire. Celle-ci a pu être évoquée, principalement à propos du poisson mort : que pensaient-ils trouver à l'intérieur ? Certains élèves ont spontanément fait une analogie avec le corps humain. D'autres étaient encouragés à le faire, si c'est comme dans notre corps, que devrait-on trouver ?

Pour ces élèves de CM2, digérer c'est avant tout « *trier* » : « *une partie est gardée* », « *ceux qui servent pas (les aliments) ressortent* ». L'extrait d'entretien présenté dans le document 3 illustre une difficulté à trouver des mots pour expliquer les phénomènes de la digestion.

**Document 3. Extrait de l'entretien avec l'élève C2
venant d'observer l'intérieur de la bouche du maquereau**

C2 : il a des dents, il a sa langue.
I : et qu'est ce qu'il va avoir après, s'il est comme nous ?
C2 : il va avoir... la trachée, peut-être !
I : peut-être la trachée, et après ?
C2 : euh... le foie
I : Quand tu manges, ça va où ?

C2 : dans l'estomac.
I : il a un estomac tu crois ?
C2 : oui !
I : et puis après, ça passe où ?
C2 : après dans l'estomac, ça va dans l'intestin s'il en a un.
I : oui ça va dans l'intestin s'il en a un, et après ?
C2 : après ça retourne à l'eau !
I : ça ressort. Qu'est-ce qui ressort exactement ?
C2 : ben... le... le caca !
I : et par rapport à ce qu'il a mangé, qu'est-ce que c'est ? C'est tout ce qu'il a mangé ?
C2 : non ! Ça dépend à quelle heure il a mangé, ça dépend des heures.
I : pourquoi ça dépend des heures ?
C2 : peut-être c'est comme chez nous, parce que nous ça met six heures à faire... (geste devant lui, de haut en bas)
I : le trajet.
C2 : oui, le trajet.
I : Et qu'est-ce qui se passe pendant le trajet ?
C2 : ben j'sais pas, ça fait de la bouillie, et ça se déplace à l'intérieur.
I : et après, c'est tout ?
C2 : ben oui.
I : ça fait de la bouillie, et après ça ressort.
C2 : y'a des truc qui vont sortir dans le corps, là (geste vague vers le poisson)
I : et ça va ailleurs dans le corps ?
C2 : oui, pour donner des forces !
I : donc, qu'est ce qui ressort ?
C2 : des déchets !

La majorité des élèves interviewés parle d'un tuyau, qui parcourt le corps et dans lequel les aliments se déplacent. Un tiers évoque une fonction : « à quoi sert de manger » ou « pourquoi manger ».

Quinze élèves ont évoqué la digestion, parmi eux :

– sept élèves parlent d'une transformation des aliments : transformation mécanique par broyage, « mise en bouillie ou en purée », « ça mouline dans l'estomac », ou bien transformation chimique avec un acide dans l'estomac pour un élève ;

– onze élèves déclarent que « quelque chose passe dans le sang » : « de l'intestin, ils vont dans les veines pour nourrir le cerveau et les muscles », « plein de choses vont directement dans le sang », « les sucres, l'eau vont dans le sang » ;

– une élève se préoccupe des liquides : « les liquides vont ailleurs, passent dans le sang tout de suite ».

Quasiment tous les élèves interviewés (vingt-quatre sur vingt-cinq) ont parlé d'estomac et intestin, ou de tuyau relié « aux fesses, au trou ou à l'anus ». On peut

envisager une certaine honte ou une retenue dans l'emploi des mots pour désigner ce qui tourne autour des matières fécales. Pourtant vingt et un les ont désignées, en utilisant « *besoins, caca, déchets* » et parfois « *excréments* ».

Peu de termes scientifiques ont été utilisés pendant l'entretien. Aucun élève ne cite toutes les parties du tube digestif pourtant enseignées : bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus. Des termes peu usités peuvent poser problème et être vite oubliés, même si la notion est acquise. En effet, si l'on retient une description (anus remplacé par « *trou pour rejeter les déchets* », œsophage désigné par « *tuyau après la bouche* »), douze élèves citent la succession des organes.

• **Quelles idées se font-ils de la respiration ?**

C'est encore le poisson qui a permis une évocation de la respiration. Soit l'élève interviewé en parle pour expliquer ce qu'il pense trouver dans le corps de l'animal, soit il montre spontanément l'emplacement des ouïes et des branchies, organes respiratoires du poisson.

Un problème de transposition entre l'homme et l'animal se pose à nouveau. Pour la plupart des élèves interviewés, le poisson est obligatoirement très différent de nous. La vie aquatique du poisson amplifie cet écart. Si le poisson respire comme nous, il y a nécessité de présence de gaz dans l'eau, ce qui peut représenter un obstacle pour de nombreux élèves (Peterfalvi, 2001).

Tableau 2. La respiration du poisson vue par les élèves de CM2

Discours d'élève évoquant la respiration du poisson	Sur 25 élèves
Le poisson utilise l'eau	18
Il utilise l'oxygène	8
Il prend l'air dans les bulles	3
Il remonte à la surface chercher de l'air	2

Sur les vingt-cinq élèves interrogés, treize localisent un organe de la respiration sous l'ouïe et, parmi eux, quatre connaissent les branchies. Neuf élèves pensent que le poisson a des poumons, cinq évoquent des sortes de poumons et quatre parlent de trachées ou de bronches.

Si plusieurs de ces élèves ont déjà eu un aquarium et un élevage de poissons, chez eux ou à l'école, cet entretien, face à un animal mort, ne conduit qu'à peu de remarques spontanées relatives à l'animal vivant :

- trois élèves parlent des ouïes (sans utiliser ce terme) qui s'ouvrent et se referment ;
- huit élèves évoquent la bouche qui s'ouvre et se referme ;
- un élève commente les deux mouvements simultanés.

Pour l'homme c'est essentiellement une histoire de tuyau allant jusqu'aux poumons qui est évoquée par les élèves. Au-delà, cela semble être une grande inconnue. Un élève emploie spontanément les termes « *inspirer* » et « *expirer* ». Pour la plupart des autres : « *on aspire de l'air et on le rejette après* ». La fonction de la respiration n'a jamais été spontanément indiquée. Placés face au problème : « *mais alors, à quoi sert de respirer si on rejette l'air que l'on a aspiré ?* », certains élèves apportent des précisions :

- seize élèves disent que l'homme utilise l'oxygène de l'air ;
- trois parlent de l'air ;
- un élève dit que l'homme rejette du dioxyde de carbone.

Lors des entretiens, on constate que l'inspiration est citée plus souvent que l'expiration. L'anatomie peut encore poser problème et une élève décrit « *l'air entre par un tuyau, va dans un poumon, dans l'autre, et ressort par un autre tuyau* », témoignant de la persistance d'un obstacle souvent décrit.

3.3. Corps sexué : nécessité de transposition et interrogation

Des questions à propos de la reproduction ont été posées, reproduction du rat dans un premier temps, puis celle du poisson. Le premier animal étant un mammifère (comme l'homme), les élèves pouvaient facilement procéder à un rapprochement relatif au corps sexué. La comparaison avec la reproduction des poissons nécessite une transposition homme – animal plus importante.

• Comment se reproduisent les rats ?

Une question sur la reproduction des rats a parfois étonné les élèves interviewés. Elle a pu susciter un moment de timidité ou une interrogation sur le type de réponse attendue. L'entretien les a orientés vers une demande d'explication scientifique : « *Que faudrait-il pour que Qwerty (le rat mâle devant eux lors de l'entretien) ait des bébés ?* ».

Vingt-deux élèves évoquent la nécessité d'une femelle. Trois précisent qu'il faut qu'ils « *s'apprécient* », qu'ils « *s'entendent bien* ».

Les réponses des élèves relatives à la sexualité du rat sont indiquées dans le tableau 3. Un tiers des élèves a répondu et, parmi eux, la majorité a employé le terme scientifique d'accouplement.

Tableau 3. La sexualité du rat vue par les élèves de CM2

Discours d'élève évoquant la sexualité du rat	Sur 18 élèves
le rat monte sur la femelle	1
ils s'accouplent	6

Quand on interroge les élèves sur l'apport respectif du mâle et de la femelle, on peut distinguer plusieurs types de réponses. Parmi les dix-huit élèves interrogés :

- deux élèves connaissent les termes d'ovule et spermatozoïde ;
- deux élèves parlent d'une sorte de petite graine ;
- quatorze élèves disent qu'ils ne savent pas ou ne se souviennent plus.

Pour ces dix-huit élèves, le « bébé rat » se développe dans le ventre de la femelle. Les termes utilisés sont ceux de la vie courante : « *la femelle tombe enceinte* », « *elle attend des bébés* ». Un élève précise : « *ça fait une sorte d'œuf et après il grandit* ».

Une dernière question : « *Comment sort-il ?* » est sujette à plusieurs interprétations :

- « *comment est le petit à sa naissance ?* » : huit élèves ont retenu cette interprétation et décrivent les ratons nus et aveugles à la naissance ;
- « *que se passe-t-il à la naissance ?* » : neuf élèves parlent de la sortie des ratons de la mère, quatre élèves disent qu'ils « *sortent du côté des fesses par un endroit spécial* ».

• Comment se reproduisent les poissons ?

La question de la reproduction des poissons a été abordée plus tard dans le déroulement des entretiens. Cela explique peut-être la plus grande aisance des élèves à l'évoquer. Bien que la personne qui menait l'entretien ait été présente régulièrement dans la classe elle restait jusque-là une inconnue ! Il est, peut être, plus facile pour un élève d'évoquer une sexualité apparaissant très éloignée de celle de l'homme. Par ailleurs, la reconnaissance des sexes sur le corps d'un poisson est parfois difficile, et plusieurs élèves ne sont pas certains de la nécessité d'un mâle et d'une femelle pour la reproduction. L'accouplement éventuel interroge : « *il doit y en avoir un, mais je ne vois pas comment ils peuvent faire* », dit une petite fille. Pour d'autres élèves, le poisson mâle doit avoir un rôle. Les données du tableau 4 attestent qu'ils l'expriment de façon beaucoup plus diversifiée qu'à propos du rat.

Tableau 4. Le rôle du mâle dans la reproduction du poisson vu par les élèves de CM2

Discours d'élève évoquant la reproduction des poissons	Sur 25 élèves
le (poisson) mâle sert à féconder les œufs	2
le (poisson) mâle donne un spermatozoïde	1
le (poisson) mâle donne quelque chose	5
le (poisson) mâle donne du sperme	1
le (poisson) mâle donne une petite graine	1
le (poisson) mâle a un rôle mais sans autre précision	2

Les élèves se questionnent face au « deuxième trou » observé sur le poisson placé devant eux, à côté de l'anus, et certains avancent des hypothèses indiquées dans le tableau 5.

Tableau 5. Hypothèses des élèves concernant le « deuxième trou » observé sur le poisson

Discours d'élève évoquant l'orifice reproducteur du poisson	Sur 25 élèves
trou pour accoucher	2
trou pour l'accouplement	1
les œufs doivent sortir par le trou vers l'anus	9
les petits sortent par le trou	3

Les réponses fournies par les élèves montrent l'intérêt d'un intermédiaire animal. Le poisson n'engendre pas d'identification immédiate et les termes employés à son sujet sont nombreux et variés.

Il semble que, pour la plupart des élèves interviewés, les propos sur la sexualité et sur la reproduction se limitent à la nécessité de la rencontre d'un mâle et d'une femelle qui permettra à cette dernière d'avoir des petits.

3.4. Quelques remarques sur ces résultats

Les propos entre les élèves issus des quatre classes ne montrent pas de différences notables, ce qui ne permet pas d'établir de lien avec les stratégies pédagogiques observées.

Contrairement à ce que beaucoup d'enseignants du primaire pensent, une dissection, lorsqu'elle a un objectif précis, ne rebute pas les élèves. Ainsi durant l'entretien, après avoir indiqué ce qu'ils pensaient voir à l'intérieur du poisson et « *s'il était comme l'homme* », seize élèves sur les vingt-cinq ont disséqué eux-mêmes le poisson, sept élèves ont voulu regarder l'interviewer effectuer la dissection et deux élèves ont refusé de voir le poisson ouvert.

4. Conclusion

Les entretiens réalisés confirment l'intérêt des élèves interviewés envers le corps, animal ou humain. On constate aussi, chez ces élèves de fin d'école primaire, une persistance de conceptions relatives au corps, étudiées depuis longtemps par différents auteurs, et encore bien peu de compréhension en termes de fonctions biologiques. Ces constats sont, peut-être, à relier aux observations de l'enseignement du corps humain réalisés au cours de l'année dans leur classe avec une démarche pédagogique ne suscitant que peu d'interrogation authentique de la part de l'élève et une construction de connaissances plus factuelles que fonctionnelles.

Si le modèle animal et la comparaison avec son propre corps peuvent contribuer à découvrir ses caractéristiques, tant anatomiques que physiologiques, l'enfant pourrait améliorer la connaissance qu'il a de son propre corps en côtoyant différents animaux, tout au long de sa scolarité et dès son plus jeune âge. Les programmes actuels incitent les enseignants, à tous les niveaux de l'école primaire, à conduire des élevages et à multiplier les rencontres entre l'élève et les animaux, de sorte qu'il prenne conscience de l'unité et de la diversité des vivants, et de sa propre implication dans le monde qui l'entoure. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHEAUME P., DUPONT M. & MAUREL M. (1999). *Découverte du vivant et de la Terre*. Paris : Hachette.
- CANGUILHEM G. (1947). Note sur la philosophie biologique. *Revue de métaphysique et de morale*, juillet-octobre 1947.
- CANGUILHEM G. (1968). *Études d'Histoire et de Philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- CLÉMENT P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, n° 13, p. 133-155.
- COQUIDÉ M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, université Paris-sud Orsay, Orsay.
- DARNET V. (2003). Les dissections au collège. *Biologie-Géologie*, n° 4, p. 685-690.
- DE FONTENAY É. (1999). Entretien à propos de son livre « Le silence des bêtes, la philosophie à l'épreuve de l'animalité ». *Res Publica*, n° 20, p. 4-15.
- DELL'ANGELO – SAUVAGE M. & COQUIDÉ M. (2005). De l'école au collège, le rapport au vivant d'élèves de 10-11 ans. In *Actes des rencontres de l'ARDIST*, Lyon, octobre 2005.
- DEVECCHI G. & GIORDAN A. (1996). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Nice : Z'éditions.
- DEUNFF J. (2000). *Dis maîtresse, c'est quoi la mort ?* Paris : L'Harmattan.
- ECKERLIN A. & FILIATRE J.-C. (1995). L'animal un médiateur pour découvrir l'enfant. In H. Montagner (dir.). *L'enfant, l'animal et l'école*. Paris : Bayard, p. 41-48.
- FLAGEUL R. & COQUIDÉ M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire. *Aster*, n° 28, p. 33-56.

- GAY A. et al. (1996). Images biologiques et activités de diagnostic d'élevage. *Aster*, n° 22, p. 195-216.
- GUICHARD J. (1998). *Observer pour comprendre les sciences de la vie et de la Terre*. Paris : Hachette.
- KERLAN A. & COTTET-EMMARD G. (1979). *L'enfant et son corps*. Besançon : CRDP Besançon.
- LAPERRIERE-TACUSSEL M. (1993). L'enfant et l'animal. *Grand N*, n° 52, p. 81-89.
- LEVINSON B.-M. (1985). *Pets and human development*. Springfield : Thomas.
- MILLOT J.-L. (1995). Pour une pédagogie plus concrète. In H. Montagner (dir.). *L'enfant, l'animal et l'école*. Paris : Bayard, p. 35-40.
- MONTAGNER H. (2002). *L'enfant et l'animal*. Paris : Odile Jacob.
- MORANGE M. (2003). *La vie expliquée*. Paris : Odile Jacob.
- N'DIAYEV. (1990). *Évaluation de l'utilisation de la vidéo dans des travaux pratiques universitaires de biologie*. Thèse de didactique de la biologie, université Claude-Bernard-Lyon I.
- PETERFALVI B. (2001). *Objectifs-obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de sciences de l'éducation non publiée, université de Rouen, Rouen.
- PICHOT A. (1991). *Petite phénoménologie de la connaissance*. Paris : Aubier.
- TERRASSON F. (1997). *La peur de la nature*. Paris : Éd du Sang de la terre.
- SAUVAGEOT-SKIBINE M. (1993). De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur. *Aster*, n° 17, p. 189-204.
- WALLON H. (1941). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris : Armand Colin.

Rapport au corps, rapport aux activités physiques, sportives et artistiques et logique professionnelle

Deux études de cas en formation initiale en EPS

Isabelle Jourdan, université Paul-Sabatier-Toulouse 3, ÉA 3692, LEMME,
GRIDIFE (ERTe 46) ; IUFM Midi-Pyrénées ; magicj@wanadoo.fr

Dans le contexte de la formation initiale en EPS, nous nous sommes intéressés à la façon dont l'étudiant s'approprie le savoir et comment il se construit professionnellement lors de ses premières expériences d'enseignement. La notion de rapport au savoir est notre outil conceptuel pour cerner cet « ensemble de relations » (Charlot, 1997). La spécificité de la discipline EPS nous a conduit à étudier plus spécifiquement le rapport au corps et le rapport aux APSA des étudiants. En effet, le corps est tout à la fois porteur de savoirs, mais aussi porteur d'émotions, de désirs, de ressentis. Les APSA recouvrent des pratiques pour soi, pour enseigner, à enseigner. Quelles relations entre corps, APSA et enseignement ? Suivant une démarche clinique d'étude de cas, nous présentons ici l'étude de deux entretiens de recherche d'un étudiant en première année d'IUFM et d'un professeur stagiaire en deuxième année d'IUFM, analysés suivant deux rubriques construites a priori : rapport au corps/rapport aux APSA et logique professionnelle. Les discours nous montrent des similitudes et des différences que nous nous sommes attachés à mettre en évidence.

Depuis le rapport Bancel (1989), la formation initiale des enseignants est une préoccupation majeure de l'institution scolaire. Si elle a pour double objectif d'amener les étudiants et les professeurs stagiaires à un haut niveau de formation disciplinaire et de les « professionnaliser » (Bourdoncle, 1991 ; Altet, 1994 ; Lang, 1999), il est important de ne pas oublier qu'ils entrent à l'université avec leurs expériences, leur vécu, leur histoire. Dans ce contexte, nous nous intéressons à la façon dont ils s'approprient les savoirs, à la façon dont ils vivent leur formation et comment cela se répercute sur leurs pratiques professionnelles. L'enjeu de la

didactique est de considérer non seulement les trois pôles (enseignant – savoir – élève) mais également « *les relations au savoir, c'est-à-dire le fait qu'il y ait un enjeu de savoir qui est en cause dans la relation. Autrement dit, un point de vue au minimum ternaire* » (Johsua, 1998). Ainsi, selon cet auteur, l'analyse doit se faire en suivant « *le fil du rapport au savoir* » (*ibidem*).

La spécificité de la discipline *éducation physique et sportive* (EPS), la place du corps et des pratiques physiques qu'elle utilise, l'ancrage praxéologique de ces savoirs, nous a conduit à étudier le rapport au corps des formés en nous centrant sur l'objet de savoir : *activités physiques sportives et artistiques* (APSA). La particularité de cet acronyme est qu'il recouvre, tout à la fois, des savoirs et des pratiques et qu'il s'agit pour l'étudiant et le professeur stagiaire alternativement d'apprendre et de transmettre ces savoirs, ces pratiques, ces « savoirs-pratiques ». Ainsi, prendre en compte la dyade sujet/corps amène le chercheur à se poser quelques interrogations : quelles relations entre le sujet et le corps, entre le sujet et les APSA ? Comment le sujet s'y investit-il et comment se construit-il professionnellement ? Comment se croisent les diverses pratiques des APSA pour soi, pour enseigner, à enseigner ?

Le corps est au centre de nombreux champs de recherche et son étude est multidisciplinaire. La biologie présente un corps machine, organisé en plusieurs niveaux d'intégration avec la digestion, la respiration, la locomotion... Il est question de commandes nerveuses, de programmes, de réflexes, de techniques, de maîtrise, un corps organique. Mais qu'en est-il du corps sujet, celui des émotions, des désirs, des sensations, du plaisir ?

Ce n'est pas le corps anatomique, physiologique qui nous intéresse ici, mais le corps vécu, investi professionnellement dans l'acte d'enseignement-apprentissage, tout à la fois médiateur et outil, auteur d'actions et porteur de sens. Quels liens peut-on tisser entre corps et enseignement ? Comment s'articulent les contenus pédagogiques et didactiques choisis avec ses propres conceptions, convictions, croyances sur le corps ? Un corps éducation ? Un corps santé ? Un corps plaisir ? Un corps performance ? Ou autrement dit : quelle est la place du corps dans l'enseignement de l'EPS chez les enseignants novices ? Quelles approches didactiques du corps sont-elles privilégiées ?

Les questions du sens de la pratique et de la place du corps sont au cœur de nos préoccupations.

Dans le cadre de cet article, l'objet de recherche consiste, dans une démarche clinique, à présenter deux études de cas en formation initiale en EPS : un étudiant en première année d'IUFM (PLC1¹) et un professeur stagiaire en deuxième année d'IUFM (PLC2). Il s'agit d'étudier leur rapport au corps et leur rapport aux APSA

¹ PLC1/PLC2 : Professeur de lycée et collègue 1^{re} année/2^e année d'IUFM.

afin de cerner comment s'y révèlent leurs logiques professionnelles, comment ils utilisent, transforment, didactisent le corps dans l'acte d'enseignement-apprentissage. Ce terme de logique professionnelle renvoie à la dynamique du sujet dans ce moment crucial de ses premières expériences professionnelles. Il désigne l'itinéraire personnel et singulier que chacun mène pour construire sa professionnalité², c'est-à-dire la façon dont l'étudiant et le professeur stagiaire prennent place dans ce processus de construction professionnelle. Existe-t-il une relation entre le rapport au corps et le rapport aux APSA et les logiques professionnelles déclarées mises en œuvre ? Quelle est la nature du lien ?

I. Quelques éléments théoriques sur le rapport au savoir

La notion de rapport au savoir irrigue, depuis les dernières décennies, de nombreuses recherches dans des champs disciplinaires variés (psychologie, sciences de l'éducation, psychanalyse, sociologie de l'éducation) dont l'enjeu majeur est de ne pas considérer les apprentissages indépendamment de leur contexte biographique et institutionnel. Il s'agit d'articuler la part subjective du sujet (notamment à travers la question du sens que l'acte d'apprendre revêt pour lui) et les contraintes socio-institutionnelles présentes dans l'acte d'apprendre.

Plusieurs groupes de recherche, représentant chacun un champ et une approche spécifiques en sciences de l'éducation, font référence à cette notion de rapport au savoir.

L'équipe de Nanterre, avec les chercheurs du CREF de l'université de Nanterre-Paris 10 (Beillerot, Blanchard-Laville & Mosconi, 1996 ; Blanchard-Laville, 2001), valorise, à travers son histoire, le désir du sujet comme constitutif de son rapport au savoir. Celui-ci est défini comme étant avant tout « *un processus créateur de savoir, par lequel un sujet intègre tous les savoirs disponibles et possibles du temps.* » (Beillerot, 1989). Cette approche est caractérisée par sa dimension clinique où, selon la théorie psychanalytique, conscient et inconscient divisent le sujet, et qui « *affirme une consistance propre au psychisme par rapport à l'organique et au social, qui s'intéresse au sujet singulier en situation* » (Beillerot et al., 1996).

L'équipe de recherche ESCOL de l'université de Saint-Denis-Paris 8 analyse « *le rapport au savoir d'un sujet singulier dans un espace social* »³ (Charlot, 1997). Cette approche se caractérise par sa dimension psychosociale centrée sur une « *sociologie du sujet* » et questionne la singularité de l'élève dans sa mobilisation face à l'école et aux apprentissages demandés. Le sujet y est appréhendé en tant que singularité inscrite dans le jeu des rapports sociaux : « *analyser le rapport au*

2 Professionnalité que nous définissons en référence à Bourdoncle (1991) comme étant l'acquisition des savoirs praxéologiques mis en œuvre pour agir efficacement.

3 Souligné par l'auteur.

savoir, c'est étudier le sujet confronté à l'obligation d'apprendre, dans un monde qu'il partage avec d'autres : le rapport au savoir est rapport au monde, rapport à soi, rapport aux autres » (Charlot, 1997).

Une troisième approche, anthropologique, de Chevallard de l'IUFM de Marseille, privilégie l'entrée par le savoir (objet de savoir), en rapport avec l'institution porteuse de ce savoir. Selon cet auteur, un savoir ne peut exister que par rapport à une institution, dans une société donnée. « *En conséquence, un individu concret ne peut entrer en rapport avec un savoir qu'en entrant en relation avec une ou des institutions » (Chevallard, 1989).*

Ainsi, la notion de rapport au savoir englobe la question de la construction de sens par le sujet en fonction de son histoire personnelle. Cela place le sujet en activité (le savoir comme processus), dans son intimité (le savoir comme constitutif du sujet) et dans une extériorité (le savoir comme préexistant au sujet).

En utilisant ce terme de rapport au corps et de rapport aux APSA, nous nous référons à ces différentes approches du rapport au savoir. Il ne s'agit pas d'avoir une position « *syncrétique* » (Caillot, 2001) et nous faisons nôtre la réflexion de Charlot : « *je considère pour ma part qu'il n'y a pas à "choisir" entre ces versions (Beillerot, Charlot, Chevallard). Certes, elles peuvent entrer en débat, voire en contradiction, sur tel ou tel point. Certes, le fait de recourir à la notion pour travailler tel ou tel problème amène à privilégier telle ou telle entrée et à présenter et construire la notion avec tel ou tel point d'appui. Mais sur le fond, les questionnements, les modes d'entrée, les concepts et les méthodes se croisent plus qu'ils ne se heurtent » (Charlot, 2000).*

2. Rapport au corps et APSA : entre pratique corporelle et savoirs

2.1. Le corps, quels corps ?

Le corps est révélateur de ce que nous sommes, un garçon, une fille, notre âge, le temps qui passe, les rides, les cheveux blancs... Le corps apparaît comme un point de passage de toutes nos expériences, lieu de nos émotions, corps dont nous ne sommes pas maître. Merleau-Ponty affirme que « *c'est par notre corps que nous percevons le monde. Ce corps vit, agit, ressent, voit. Il est en relation avec le monde » (Merleau-Ponty, 1976).* De tout temps, le corps est un enjeu éducatif fondamental. Il symbolise la société qui vient y inscrire ses valeurs. Le corps de nos sociétés modernes est un corps à avoir et à paraître plus qu'à être. Le bien-être (la forme), le bien-paraître (les formes : *body-building*, cosmétiques), l'engouement des sports à risque (escalade, *canyoning*, saut à l'élastique...) fondent « *nos conceptions actuelles du corps liées à la montée de l'individualisme » (ibidem).* Le corps est un « *sismographe* » qui capte et fixe les registres culturels (Brohm, 1985).

Mais le corps est aussi une caisse de résonance de l'affectif, et les activités physiques et sportives doivent travailler cette dimension : « *notre corps ne se confond ni avec sa réalité biologique, en tant qu'organisme vivant, ni avec sa réalité imaginaire, en tant que fantasme, ni avec sa réalité sociale en tant que configuration et pratique sociale. Il est l'assemblage des trois* » (Bernard, 1995). Ainsi, les apprentissages peuvent être vus tout à la fois selon une dimension organique avec le développement de techniques corporelles ; sociale par l'aspect culturel des APSA ; et imaginaire par la mise en jeu symbolique du corps. Lors d'un entretien avec la revue EPS⁴, Rochex évoque le « *risque d'assécher ou d'aseptiser les activités physiques et sportives si on les réduit à de pures techniques [...] sans travailler également sur leur composante imaginaire, fantasmatique [...] Pas d'activité sans objet, mais pas d'activité qui ne soit celle d'un sujet* » (Rochex, 1996).

Comme nous le rappelle Terrisse, en référence à Mauss, le corps « *est un objet construit par le temps et la culture* » (Terrisse, 2001). Il décrit quatre références scientifiques du corps à chacune desquelles correspond un modèle du corps :

- la référence anatomique => un corps anatomique ;
- la référence physiologique => un corps énergétique ;
- la référence cognitive => un corps informationnel ;
- la référence psychanalytique => un corps bio-affectif ou relationnel.

C'est ce qui fait dire à Rochex que cela « *demande à travailler explicitement sur le fait que le corps n'est pas l'organisme, mais une organisation, une mise en scène signifiante et socialement construite de celui-ci à destination d'autrui (que l'on pense aux techniques de séduction) et de soi-même* » (Rochex, 1996).

2.2. Corps et enseignement : vers un corps didactisé

De même que la médecine a un savoir savant sur notre corps, nous pouvons nous poser la question de savoir si l'EPS n'incarne pas, elle aussi, une certaine forme de savoir sur notre corps, un savoir lié aux techniques corporelles des différentes APSA enseignées mais également des savoirs de gestion et d'entretien de sa vie physique future, santé, sécurité. « *C'est la diversité des environnements dans lesquels sont vécues les expériences individuelles et collectives, qui permet à l'EPS de participer de façon spécifique à l'éducation à la santé, à la sécurité, à la solidarité, à la responsabilité et à l'autonomie. En offrant des occasions concrètes d'accéder aux valeurs sociales et morales, notamment dans le rapport à la règle, l'EPS contribue à l'éducation à la citoyenneté* ». (Programme d'EPS collèges, BO n° 29 du 18 juillet 1996).

L'enseignant possède un savoir sur le corps de l'autre et l'évolution de l'EPS a été de considérer le sujet dans sa totalité, corps et esprit. Cela se traduit dans les derniers textes officiels (BO n° 7 du 31 août 2000) par la définition des

4 La revue EPS interroge... n° 262, Éd Revue EPS, Paris, 1996.

compétences attendues selon une composante culturelle et une composante méthodologique.

La question de fond est la suivante : comment faire le lien entre les pratiques sociales de référence que constituent les APSA et les savoirs enseignés qui identifient l'EPS ?

La transposition didactique pose la question du choix par l'enseignant des contenus d'enseignement qui tiennent compte à la fois des avancées des savoirs, des demandes du public scolaire et des exigences de l'institution scolaire. Ainsi, le corps est, si l'on peut tenter ce raccourci, didactisé dans le sens où il y a une adaptation du savoir afin de le rendre accessible aux élèves mais aussi, afin de le mettre en forme, conforme aux valeurs de l'institution scolaire, « *assujetti* » nous dirait Chevallard. Des options didactiques vont être prises mettant ainsi à jour l'identité de la discipline et ses enjeux de formation : « *l'EPS ne se confond pas avec les APS qu'elle enseigne* » (BO n° spécial 4 du 30 juillet 1987) et comme le rappelle Pineau : « *les finalités du sport et celles de l'éducation physique ne se superposent pas* » (Pineau, 1990).

Chaque enseignant, selon la formation reçue, ses croyances, ses valeurs, ses expériences, va opérer des choix, véritables filtres de son activité professionnelle, renvoyant à une conception du corps différente selon qu'il se réfère à un modèle du corps biomécanique, cognitif ou bien bioaffectif. Il s'agit bien d'opérer une transformation du corps de l'élève vers un plus d'efficacité et d'efficience, et vers un plus de connaissance de soi (développement personnel) : un corps didactisé.

2.3. Conclusion

En conclusion, nous voyons que sous cet acronyme APSA, nous avons deux angles de lecture desquels découlent des rapports aux APSA et des rapports au corps différents.

Tout d'abord, ce sont les APSA en tant qu'objet d'enseignement et « *texte de savoir* » (Chevallard, 1989). Elles sont ce que les enseignants d'EPS enseignent. Les APSA sont des pratiques corporelles sous-tendues par une multitude de savoirs (issus de la didactique, de la biomécanique, des théories de l'apprentissage...). Le corps est porteur de savoir-faire « didactisé ».

En second lieu, ce sont les APSA en tant que pratiques corporelles. Elles mettent en jeu le corps du sujet dans un contexte individuel ou collectif et sont le faire-valoir des émotions, des ressentis, du respect de soi et d'autrui. Le corps est porteur de sensations, c'est un corps ressenti et les activités « *permettent à tous les élèves de s'éprouver physiquement et de mieux se connaître en vivant des expériences variées et originales, sources d'émotion et de plaisir* » (BO n° 29 du 18 juillet 1996).

Cerner le rapport au corps consiste alors à interroger le rapport (toujours singulier et personnel) qu'entretiennent l'étudiant et le professeur stagiaire à l'APSA en tant qu'objet de savoir et à l'APSA en tant que pratique corporelle.

Il y a là un double changement : au niveau du sujet dans le passage d'apprenant à enseignant et au niveau des savoirs dans le passage du savoir à enseigner au savoir enseigné, soit la question du « *travail du professeur* » de la transposition didactique (Brousseau, 1986), tout en considérant la pratique des APSA : pour soi, pour enseigner, à enseigner.

3. Méthodologie : une démarche clinique

3.1. Recueil des données

Cette recherche, de type exploratoire, nourrit deux intentions : descriptive d'une part, compréhensive et interprétative d'autre part, pour décrire comment les choses et pourquoi les choses sont. L'objectif de la recherche est la prise en compte du sujet : « *la démarche clinique est celle qui construit en une structure intelligible, les savoirs issus d'un sujet, comme effet d'une parole articulée, comme produit d'un enchaînement de signifiants* » (Labridy, 1998).

L'analyse clinique permet de prendre en compte :

- le sujet, singulier, son histoire, sa position (*topos*) ;
- le temps, c'est-à-dire l'évolution, les changements, les modifications du (des) rapport(s) qu'entretient le sujet au savoir (*chronos*) ;
- le réel, la contingence de toute situation d'enseignement-apprentissage (*méso*), c'est-à-dire « *l'indécidable du processus dont l'issue est toujours imprévisible, même si les enseignants en prédisent un résultat heureux* » (Terrisse, 1999) et s'assurent (ou non) de l'efficience de la transmission.

Nous avons fait le choix de l'entretien de recherche semi-directif qui présente à nos yeux deux avantages. D'une part, le sujet garde la liberté de parole quand il est interrogé sur un thème particulier et d'autre part, le chercheur peut recueillir des informations orientées vers les buts poursuivis. Les questions guides portent essentiellement autour de la thématique des savoirs appris durant la formation à l'UFR STAPS et à l'IUFM, le rapport à la formation, la place des APSA dans la formation, des stages pratiques, ce qui a motivé le désir d'être enseignant et pour clore l'entretien, une question sur les attentes du sujet.

Les entretiens ont eu lieu à l'IUFM, en fin d'année scolaire (juin 2002). Ils ont duré quarante cinq minutes environ, ont été enregistrés et intégralement retranscrits.

3.2. Traitement des données

Dans le cadre d'une recherche qualitative, nous procédons par étude de cas. Nous avons analysé ces deux entretiens suivant deux rubriques, construites *a priori*, qui rendent compte de notre question de recherche : rapport au corps/rapport aux APSA et logique professionnelle. Nous avons procédé à plusieurs lectures successives : tout d'abord, une lecture flottante pour avoir le sens général exprimé par l'interviewé de son vécu en formation universitaire et initiale, puis nous avons isolé tout ce qu'il disait du rôle des APSA et de la façon d'envisager et/ou de vivre sa pratique professionnelle et personnelle. Ces extraits sont organisés pour « construire le cas » (Bardin, 1998 ; Bertaux, 1997). Ce travail d'analyse et de découpage du texte, « travail de sérateur » (Bardin, 1998), consiste à sélectionner « des unités de sens » (*ibidem*) qui représentent des épisodes significatifs de ce qu'énonce le locuteur pour rendre compte de sa position subjective. Nous avons mis des vignettes qui, au fur et à mesure, colorent chaque cas.

La validité des résultats ne peut se faire qu'au regard de la cohérence interne de la recherche⁵. Il ne s'agit donc pas de parler d'administration de la preuve ou de vérification mais de validité ou mieux, comme le dit Bru, de « démarche de validité » (Bru, 1998). Nos questions de recherche nous ont amené à opérer des choix dans le recueil des données et les interprétations ont été réalisées au regard de nos options théoriques. Ainsi, nous ne prétendons qu'à « une validité contextuelle locale » (Van der Maren, 1995) et à travers les pratiques déclarées, les résultats vont s'attacher à ce que « le plus singulier d'une expérience personnelle puisse témoigner de l'universel de toute condition humaine » (Terrisse, 2000).

4. Résultats

Les discours mettent en évidence des similitudes et des différences. Nous exposons successivement deux cas : Gabriel, étudiant en première année. Il est admissible à l'issue des écrits et était convoqué aux oraux la semaine suivant l'entretien. Il sera reçu au CAPEPS ; Camille, professeur stagiaire en deuxième année. Elle est en stage dans un lycée professionnel.

Notre objectif est de mettre en évidence les convergences entre Gabriel et Camille, ce que nous ferons dans un premier temps, mais également les variabilités et les singularités de chacun d'entre eux, ce que nous ferons dans un deuxième temps.

⁵ Je ne présente dans cet article qu'une partie des résultats d'une recherche menée dans le cadre de ma thèse (Jourdan, 2005) dans laquelle six cas ont été étudiés sur deux ans : trois étudiants et trois professeurs stagiaires en formation initiale en EPS à l'IUFM Midi-Pyrénées, interviewés deux fois à un an d'intervalle, soit 1 h 30 d'entretien par sujet. Les deux cas choisis ici l'ont été pour leur rapport au corps et leur logique professionnelle bien différenciés et singuliers.

4.1. Similitudes et convergences

• Rapport au corps/Rapport aux APSA

Gabriel

– Être débutant : « on est passé par le niveau débutant ».

À travers la pratique de l'activité, il est nécessaire pour Gabriel, d'avoir été soi-même débutant pour mieux comprendre les élèves : « disons que si on a un peu pratiqué toutes les APS, forcément on n'est pas bon partout, mais on est passé par le niveau débutant, donc on a vu nous-mêmes comment on progressait ». Dans cette place de débutant, la pensée sous-jacente est que les élèves vont vivre et rencontrer les mêmes difficultés, les mêmes ressentis. Il y aurait là, selon lui, un corps débutant universel. Cela lui permet « de comprendre leurs problèmes et de trouver des remédiations » car « avec des débutants, c'est plus facile quand on l'a vécu ».

– Le vécu irremplaçable : « je pense que le vécu, c'est vraiment important ».

Le corps est avant tout un corps ressenti : « je pense que le vécu, c'est vraiment important... d'avoir ressenti les choses. C'est plus facile à expliquer aux élèves après... Faut le relier concrètement à ce que l'élève... aux problèmes de l'élève ». C'est un corps ressenti où seules les sensations semblent être prises en compte. Ce vécu corporel n'est pas objectivé par une démarche de transposition didactique, ni mis en relation avec la théorie. Gabriel s'inscrit dans un rapport expérientiel aux APSA où il est nécessaire de vivre l'activité pour mieux comprendre les élèves et pouvoir l'enseigner.

Camille

– Le vécu en place de débutante : « je me mets à la place de l'élève ».

Pour Camille, la pratique des APSA lui permet de comprendre les élèves, « de savoir, justement, moi les ayant vécues, comment normalement... enfin... je me mets à la place de l'élève quoi... ce que ça provoque chez lui [...] ça va pas être tout à fait pareil mais quand même... je me situe et je vois mieux où se situe l'élève parce que moi je l'ai déjà vécu ». Nous retrouvons ce schéma d'un corps débutant universel, où le vécu n'est « pas tout à fait pareil » mais presque, et où son propre vécu va servir de référence pour mieux observer l'élève. Ce rapport au corps est tel qu'en natation, activité qu'elle a pratiquée en club, Camille nous dit avoir « oublié (son) vécu de débutante... les difficultés qu'on a quand on apprend ». Il faut avoir soi-même vécu la situation proposée en position « d'acteur », c'est-à-dire avoir été confronté soi-même aux difficultés que vont vivre les élèves pour pouvoir les comprendre et enseigner.

• Logique professionnelle

Gabriel

– L'autoréférence : « on sait par rapport à nous ce qui n'allait pas ».

Professionnellement, Gabriel s'inscrit dans une autoréférence à son vécu en formation : « *donc on sait par rapport à nous ce qui n'allait pas, comment ils (les professeurs) nous ont corrigés. Donc, ça nous aide pour après... avec les élèves, on reprend certaines choses...* ». Parce qu'il l'aura lui-même vécu, il pourra y remédier immédiatement. La singularité du sujet est ainsi gommée et il n'est question que de resenti. Il ne s'agit pas chez Gabriel d'opérer une transposition didactique, mais une transposition expérientielle, c'est-à-dire de construire un enseignement en référence à son vécu, à ses propres sensations : « *je me rappelle quand j'étais élève* ». Cette pratique pour soi, « *ça permet d'avoir ressenti les choses* ». Elle devient une pratique à enseigner parce que « *si on l'a senti nous-mêmes de quoi ça venait et qu'on a réussi à le corriger sur nous et bah on peut... on peut le faire... on peut l'expliquer à l'élève quoi* », d'autant plus que, en place de débutant, le corps est pensé comme universel et que l'élève va rencontrer les mêmes problèmes que lui.

Son soi professionnel est imbriqué à son soi élève à tel point que face à une activité qu'il connaît très peu, il nous dit : « *les élèves (de sixième et cinquième), ils sont au même niveau que nous, donc, on découvre avec eux un peu* ». Le « nous » et le « on » englobent Gabriel et les élèves.

Face à une activité non connue et peu vécue, Gabriel se dit être en difficulté. D'une part, parce qu'il ne pourra pas enseigner les recettes apprises grâce à son vécu, mais d'autre part parce qu'il sera « *vraiment dans l'inconnu* ». Dans cet inconnu, Gabriel ne saura « *pas quoi lui dire* » (à l'élève). Le manque de confiance et la peur s'installent. S'il se trouvait à enseigner une APSA totalement nouvelle, (la boxe française) « *je crois que j'irai dans un club dès le début, pour voir ce que c'est, pour ressentir, connaître l'activité quoi, les différents coups, la sécurité... si j'ai le temps... sinon, bah, je prends les bouquins et je recopie* », nous dit-il.

Camille

– L'autoréférence : « *comme moi je l'ai vécu* ».

La logique professionnelle s'ancre dans ce rapport aux APSA où il faut avoir vécu l'activité, en place de débutant, pour comprendre les élèves. Camille nous dit avoir alors « *plus de facilités pour faire progresser (ses) élèves* », pour donner des *feed-back* « *plus pertinents* » car plus appropriés à la « *difficulté rencontrée par l'élève [...] comme moi je l'ai vécue... c'est plus facile* ». Sans cette pratique personnelle « *c'est beaucoup plus flou [...] c'est difficile* ».

Face à une activité non pratiquée, Camille ne se prononce pas, « *ne sait pas* ». Elle a enseigné le rugby en se référant aux sports collectifs et nous donne l'exemple du judo : « *une activité que je connaissais pas... le jeu d'équilibre/déséquilibre, théoriquement je le comprends... maintenant je l'ai pas vécu alors, quand j'ai un élève qui me dit "madame... comment il faut que je me place... pour arriver à déséquilibrer mon adversaire ?", et bah je vais chercher en même temps que je lui montre* ». Sans cette pratique personnelle, Camille n'est « *pas tout à fait sûre de (sa) réponse* » car « *j'ai*

pas moi vécu, donc rencontré ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas faire... c'est ça qui est difficile ». Camille est alors dans une logique de transposition expérientielle où son vécu corporel fait office de savoir de référence.

Quand nous lui demandons si elle a besoin « *d'avoir vécu l'activité pour l'enseigner* », elle nous répond tout d'abord qu'elle en a déjà « *pratiquées quand même pas mal* » et que d'une activité à l'autre « *y'a des transferts possibles* ». Elle nous cite l'acrosport (de la même famille que le sol en gymnastique) et elle s' imagine « *complètement capable de l'enseigner* » en allant chercher un complément dans « *la littérature sur l'acrosport* ».

Ce vécu est important parce qu'« *une activité [...] que j'ai pas beaucoup pratiquée... mais pratiquée quand même... j'arrive à en dégager les principes... essentiels pour enseigner... c'est... c'est une méthodologie de base... qui me permet aujourd'hui de pouvoir construire mes contenus d'enseignement* ». Chez Camille, une transposition didactique vient se coupler à la transposition expérientielle.

C'est pourquoi il est important pour elle de continuer à se former, découvrir de nouvelles activités et « *continuer à pratiquer soi-même, s'intéresser à d'autres activités* » dans le souci toujours de « *mieux enseigner* », « *d'en savoir plus* » et de « *progresser professionnellement* ». À ce niveau, les stages de formation continue lui ont permis de découvrir de nouvelles activités et de pouvoir les enseigner : « *l'année dernière, j'avais demandé cirque et cette année je me suis lancée dans le jonglage avec les élèves* ».

• En conclusion

Pour Gabriel et Camille⁶, la pratique, en place de débutant, permet de mieux comprendre les élèves, dans la similitude des difficultés rencontrées. Il y aurait là un corps universel, comme si le vécu corporel était le même pour tous, gommant ainsi les problématiques individuelles, affectives et émotionnelles vécues inhérentes d'une part à la spécificité de l'APSA, mais aussi à l'histoire psychoaffective de l'élève.

Professionnellement, Gabriel et Camille déclarent avoir besoin de vivre eux-mêmes les sensations en place de débutant, enseignent tous les deux en référence à leur vécu et opèrent ce que nous avons appelé une transposition expérientielle par laquelle le vécu prend place de savoir de référence. « *En fin de compte savoir comment faire et ne pas savoir faire peut être considéré comme un savoir tronqué de sa réalisation* » (Beillerot, 1996). Nous interprétons dans ce sens les difficultés, voire l'impossibilité des étudiants et des professeurs stagiaires à enseigner une activité qu'ils n'ont pas eux-mêmes pratiquée. Nous pouvons faire l'hypothèse que cette autoréférence permet à l'enseignant novice de faire face à la contingence de la

⁶ Je tiens à souligner ici que ces deux points de convergence (l'importance du vécu en place de débutant, un corps universel et l'autoréférence) ont été mis en évidence chez les six étudiants et professeurs stagiaires interviewés.

situation et offre des jalons de repérage essentiels pour la pallier. Dans cette transposition expérientielle, il n'y a pas de distanciation par rapport au savoir, « *ce n'est pas un Je réflexif qui déploie un univers de savoirs-objets, c'est un Je pris dans la situation, un Je qui est corps, perceptions, système d'actes dans un monde corrélât de ses actes (comme possibilité d'agir, comme valeur de certaines actions, comme effets des actes)* » (Charlot, 1997).

4.2. Différences et divergences

• Gabriel : « *maîtriser les APSA pour être "bon" aux yeux des élèves* »

Rapport au corps/Rapport aux APSA

– La répétition : « *faut répéter, en EPS comme ailleurs, pour maîtriser* ».

Pour Gabriel, le temps, la quantité de pratique sont les conditions *sine qua non* de l'apprentissage de l'APSA parce que « *tout ce qui est répétition, c'est sûr que... ou tout ce qui est construction du schème moteur... ou pour rejoindre les approches cognitives, c'est vrai que, on le sent quoi, à force de répéter, ça devient automatique, on n'y pense plus [...] faut répéter en EPS comme ailleurs pour maîtriser [...] moi, je suis spécialiste tennis, c'est sûr que je vois que, plus je progresse, plus on voit de choses plus tôt et vite. Les infos, on les traite plus vite, on est moins centré sur la balle* ». La maîtrise de l'APSA se construit à force de répétitions par la mise en place d'automatismes qui permettent un traitement plus rapide de l'information. Gabriel est dans un rapport d'expert à l'activité, ici le tennis.

– L'exemple de la gymnastique : « *c'est morphocinétique* ».

Gabriel distingue les APSA qui font appel à des processus biomécaniques, telle la gymnastique où « *on apprend des formes* » et où « *les sensations se retrouvent plus ou moins chez les individus, c'est à peu près les mêmes quoi... Être droit, je veux dire c'est biomécanique quoi* ». La gymnastique « *c'est beaucoup plus terre à terre* ». On apprend et on reproduit des formes, c'est une activité morphocinétique. Le corps y est perçu comme à peu près identique chez tous les élèves, l'APSA est réduite à sa dimension technique et codifiée des éléments gymniques à réaliser (et à reproduire). Ces références inscrivent Gabriel dans un rapport technique à l'activité : les dimensions, par exemple d'esthétisme ou d'acrobatie de l'activité, n'apparaissent pas dans l'entretien.

– Le temps de l'expérience pour les autres APSA : « *il faut beaucoup de pratique* ».

Les autres APSA comme les sports de raquettes, les sports collectifs, la natation, « *c'est pas du tout morphocinétique... enfin au début... on rencontre à peu près les mêmes difficultés... mais... après c'est plus difficile, les sensations sont pas forcément les mêmes... faut plus d'expériences* ». Là, il ne s'agit pas de formes à reproduire mais de sensations à acquérir et « *il faut vraiment beaucoup de temps pour le sentir [...] à mon avis il faut beaucoup de pratique parce que... les sensations, elles viennent*

petit à petit... faut plus travailler sur la technique, les bases techniques... et puis après la tactique peut-être ». Pour ces autres APSA, il y a bien quelques « bases techniques » à travailler, mais ensuite, seule l'expérience permet de comprendre et de progresser. Seul ce vécu sur le long terme permet d'acquérir ces sensations car « *c'est beaucoup la pratique qui compte [...] et puis après, il faut que tu le sentes* ». C'est une affaire personnelle, le corps est alors celui d'un sujet où le temps de l'expérience procure les sensations, ce n'est plus un corps biomécanique mais un corps de ressentis.

Ce rapport à la pratique trouve son origine dans son vécu de joueur de tennis : « *ça je l'ai ressenti moi... comme ça fait plus de dix ans que je joue au tennis... euh... plus ça va et plus je joue relâché et plus ça part vite quoi... mais à mon avis, il faut vraiment beaucoup de temps pour le sentir quoi* ».

– Le corps affectif des élèves : « *ils avaient peur du regard des autres aussi* ».

Gabriel nous énonce à propos de la gymnastique, que « *ce qui prédominait, c'était les problèmes bioaffectifs [...] ils (les élèves) avaient peur de se faire mal chaque fois qu'il fallait faire une roulade [...] Ils avaient peur du regard des autres aussi* ». Cette prise de conscience complexifie sa vision des choses. La gymnastique est certes une activité de reproduction de formes, mais c'est également une activité où d'autres dimensions sont à prendre en compte comme la peur et le regard des autres. « *Quand y'en a un qui passe devant les quatre autres [...] plutôt que de le rater [...] d'avoir honte devant tout le monde [...] il le fait pas ou bien il fait exprès de faire n'importe quoi... Y'a des problèmes bioaffectifs autour quoi... Et c'est ça qui pose problème quoi* ».

– Maîtriser les APSA : « *pour son estime de soi* ».

Avoir une polyvalence de pratiques, connaître de nombreuses activités est essentiel. Il s'agit « *d'avoir une base théorique et pratique au niveau des APS* », non seulement pour pouvoir les « *enseigner jusqu'à un niveau de classe de terminale* » mais surtout parce que « *si on est parachuté dans une classe avec une APS qu'on ne maîtrise pas, qu'on ne connaît pas, c'est vraiment difficile quoi ! Surtout si on a des élèves comme en lycée qui ont parfois un meilleur niveau que vous. Là, ça devient vraiment difficile* ». Et c'est d'autant plus important que « *si les élèves commencent à vous critiquer, c'est pas gagné [...] c'est important... parce qu'après... si on se retrouve en difficulté par rapport aux élèves, c'est vraiment pas bon pour... soi quoi ! Pour son estime de soi et tout* ». Gabriel est dans un rapport de maîtrise aux APSA dans le sens où il faut être aux yeux des élèves, un corps sans faute possible, un corps performant.

Logique professionnelle

– La pratique pour sentir : « *et puis après, il faut que tu le sentes* ».

Nous avons vu que Gabriel est dans un rapport expérientiel aux APSA, où seule la pratique personnelle permet de maîtriser l'activité. Professionnellement, Gabriel conserve cette même logique et il nous donne l'exemple de la natation :

« tu corriges un peu les trajets moteurs et puis... et puis après, il faut que tu le sentes... ces sensations... faut faire des longueurs et des longueurs et les sensations, elles viennent petit à petit quoi, on se corrige tout seul... on peut pas expliquer en natation le trajet moteur... bon, à part... "recherche loin devant et finis loin derrière"».

Tout comme il l'a vécu en tennis, les élèves vont se corriger eux-mêmes grâce à leurs expériences successives dans l'activité. Il projette ainsi son propre rapport au corps où les sensations ne peuvent pas s'expliquer ni même s'apprendre mais s'intériorisent avec le vécu, le ressenti et les années de pratique.

– La gymnastique : « on applique des recettes ».

Cette activité, nous l'avons vu, occupe une place un peu à part. Gabriel s'inscrit dans un rapport technique de reproduction de formes, où le vécu corporel pourrait être identique pour tous. Professionnellement, dans un tel rapport, Gabriel applique des recettes : « serre les abdos, tends tes pointes de pieds... regarde entre tes mains... Voilà quoi... c'est des recettes », pour que l'élève comprenne le gainage. Le rapport expérientiel transparait, et là aussi, il faut que les élèves « ressentent les sensations [...] ils doivent sentir que... ils sont plus gainés quoi ». Mais « c'est plus facile parce que... on applique des recettes et ça... ça marchera plus facilement ». Mais la dimension affective vient contrecarrer cette logique : « on applique des recettes, "fais-ci, fais-ça", mais c'est vrai que si l'élève il a peur et bah, il le fera pas ». Cette dimension perturbe Gabriel car les recettes perdent de leur efficacité et trouvent ici leur limite d'action.

– Être bon : « leur montrer qu'on est à l'aise ».

Gabriel s'inscrit dans un rapport de maîtrise aux APSA où, professionnellement, l'estime de soi consiste à pouvoir montrer aux élèves : « il faut leur montrer qu'on est bon sinon... leur montrer qu'on est à l'aise, qu'on connaît... ».

Gabriel doit montrer (et démontrer) aux élèves qu'il maîtrise les APSA, signe de compétence professionnelle et qu'à ce niveau, il est irréprochable, c'est-à-dire leur montrer une image de soi sans faille. L'enjeu est de s'asseoir professionnellement par un « je qui est corps ». La spécificité de l'EPS est bien là : un enseignement où le corps se donne à voir, sous-tendu par la notion de performance, d'habileté, d'efficacité, autant d'assimilations à montrer aux élèves. Ce « être vu » a pour fonction de poser Gabriel comme sujet sachant « en troisième et puis au lycée... c'est un peu... un peu risqué quoi ». Être le « sujet supposé savoir » (Chevallard, 1985) devient ici : être le corps supposé savoir.

– Garder la face : « faut bluffer quoi ».

De plus, il faut « garder la face » (Goffman, 1974) : «... je vais lui dire "fais-ci, fais-ça" ... pour pas avoir l'air bête quoi, mais ça ne marchera pas... il va falloir que je joue le jeu de celui qui connaît [...]. À mon avis, il faut jouer le jeu de celui qui connaît bien l'activité quoi... faut bluffer quoi ». Il s'agit de bluffer « pour lui maintenir sa motivation à apprendre », pour que l'élève puisse se « sentir en confiance » et ainsi

apprendre car sinon « *ça marchera pas* ». Le corps est montré à voir, jugé par les élèves, il est le reflet de sa compétence professionnelle dans l'APSA enseignée. Celle-ci met l'élève en confiance, ce qui, dans la pensée de Gabriel, est une condition pour que l'élève s'engage ainsi dans l'apprentissage : « *l'élève... il se sent en confiance quoi, il fait ce qu'on lui dit parce qu'il sait que le prof il connaît, donc il sait qu'il va progresser* ».

En conclusion

Deux points caractérisent Gabriel dans son rapport au corps : l'expérience, l'entraînement, les répétitions, permettent de progresser et d'avoir les sensations (tennis) et la maîtrise pour « *son estime de soi* » de l'APSA enseignée.

La logique professionnelle de Gabriel se construit à partir de ces deux points. Les sensations se vivent par la pratique et ne se transmettent pas : les élèves « *s'autocorrigent* ». Il s'agit de montrer sa compétence professionnelle quitte à « *bluffer* » pour ne « *pas perdre la face* » (Goffman, 1974) et mettre les élèves (et lui-même) en confiance.

La pratique corporelle est ce qui fonde son rapport aux APSA. Il y a bien « *quelques techniques de bases* » mais seules la pratique et les répétitions permettent de « *sentir* » et ainsi de progresser dans l'activité. Dans ce rapport expérientiel, il n'y a pas de didactisation de l'APSA. Pour la gymnastique, il y a les recettes et pour les autres APSA, comme les sports collectifs et la natation, ce sont les sensations qui priment. Gabriel nous résume : « *j'enseignerai les recettes que j'ai apprises, les bases que j'ai apprises... les situations que j'ai vécues* ».

Gabriel est engagé dans un rapport de maîtrise qui est d'autant plus important que celle-ci est liée à la problématique d'être auprès des élèves le sujet supposé savoir. Il s'opère un glissement du sujet au corps : il s'agit d'être alors le corps supposé savoir et pouvoir « *garder la face* » (Goffman, 1974) c'est-à-dire « *donner une bonne image de soi* » (*ibidem*). C'est essentiel car, effectivement, « *personne ne peut se rabaisser et déprécier ses qualités* » (*ibidem*). Dans cette place à prendre, « *seul le maître peut maîtriser le futur [...]. L'enseignant peut savoir ce que l'enseigné peut apprendre. Le maître n'est pas seulement "supposé savoir" : il est "supposé anticiper" si une relation d'enseignement doit se nouer* » (Chevallard, 1985).

• **Camille : « l'enrichissement et le plaisir »**

Rapport au corps/Rapport aux APSA

– Le plaisir : « *là où je prenais le plus de plaisir* ».

La formation dans les APSA a été pour Camille source de plaisir : « *c'était les meilleurs instants et les instants en plus qui étaient à la fois là où je prenais le plus de plaisir et là où j'avais l'impression d'apprendre vraiment quelque chose* ». Le corps plaisir est une dimension importante de la pratique. Avec la danse, Camille vit ce rapport au corps : « *moi j'adorais l'expression corporelle, moi ma spécialité sportive, c'était la*

danse quoi... donc je trouve que l'utilisation du corps dans l'espace quel que soit... j'adore ça et je trouve ça... et je trouve que c'est un formidable moyen de... d'épanouissement, y compris pour la tête ». Camille aimerait « continuer à se former [...] voilà... au niveau des APS c'est comme ça quoi... vraiment beaucoup de plaisir ! ». Et que les élèves aient du plaisir sera un de ses objectifs d'enseignement.

– Avoir vécu l'APSA pour mieux la comprendre : « *j'ai compris sa logique* ».

Dans un premier temps, il s'agit de comprendre l'activité, « *de l'avoir vécu cette activité (le rugby), je la... je l'ai comprise quoi... j'ai compris sa logique* ». La pratique, hormis le plaisir, permet « *de sentir les choses* » car « *il faut avoir les sensations pour comprendre l'APS... après c'est plus facile d'aller dans les bouquins* ». Cela apporte bien plus que « *de les lire ou que de les voir sur un schéma* ». De plus, Camille se sent « *plus à l'aise* » si elle a vécu l'activité parce que ça lui permet « *d'avoir un bagage de situations* » qu'elle va pouvoir utiliser pour son enseignement. Cette pratique d'APSA la fait « *(s)'enrichir... pour le métier... et puis, plus il y en avait justement, plus elles me permettaient de faire le lien avec la théorie quoi... la théorie liée aux APS* » : une « *in-corporation* » des savoirs où le corps est, tout à la fois, ressenti et didactisé. Camille conclut : « *la pratique permet de mieux comprendre la théorique... didactique... ça rime ! (rires)* ».

– La théorie et la pratique corporelle : « *je pense qu'il faut les deux* ».

En effet, pour Camille, la formation initiale lui a permis d'avoir « *un bagage de... de connaissances à la fois pratiques et théoriques... je pense qu'il faut les deux... y'a des activités que j'avais jamais faites, que j'ai découvertes à l'IUFM... la pratique et la théorie qui va avec* ». Pratique et théorie sont imbriquées et n'existent pas indépendamment l'une de l'autre. Camille emploie le déterminant « *ça* » : « *ça me permet aujourd'hui de pouvoir les enseigner aussi... ça m'a donné des outils pour comprendre les activités [...] ça m'a donné aussi... un regard transversal sur les différentes activités* ». Le corps est didactisé, mis en forme et porteur de savoirs et de savoir-faire et la pratique permet l'in-corporation de ces savoirs pour enseigner.

Logique professionnelle

– Le plaisir : « *qu'ils (les élèves) prennent du plaisir* ».

Camille ayant vécu la formation dans les APSA comme source de plaisir, elle souhaite également que l'élève « *prenne du plaisir [...] ait des émotions et qu'il progresse dans son corps* ». Son rapport au corps transparaît dans sa logique professionnelle. Le plaisir fait partie de ses objectifs et « *si je veux qu'ils prennent du plaisir dans ce qu'ils font... ça impose moi, que je... que mes choix, ils prennent en compte ça* ». Il s'agit, pour Camille, d'être en cohérence avec elle-même dans une logique professionnelle où les APSA ne sont pas une fin en soi : « *au-delà des apprentissages purement moteurs, je veux qu'il y ait des apprentissages sociaux, éducatifs, etc.* ». Cette dimension éducative de l'enseignement est très importante et les APSA sont posées comme un moyen, représentant chacune « *un modèle d'organisation [...]*

chaque activité pose un cadre, une façon de... de se situer par rapport à l'environnement, de se situer par rapport à l'autre ».

En conclusion

Deux points caractérisent Camille dans son rapport au corps. Le corps est source d'enrichissement et de plaisir. La pratique, pour soi et pour enseigner, permet une meilleure connaissance de l'activité (théorique et didactique) et une meilleure compréhension des élèves.

La logique professionnelle de Camille se construit à partir de ces deux points. D'une part, l'objectif est que les élèves s'enrichissent, grandissent et aient du plaisir. Les APSA sont un moyen d'apprentissage pour atteindre cet objectif. D'autre part, l'enseignement se construit, à la fois, à partir du travail de théorisation de l'APSA, d'élaboration des contenus d'enseignement et en référence à son propre vécu en place de débutante. La transversalité entre les APSA (pratique et théorique) permet à Camille d'enseigner des activités nouvelles.

Camille se positionne professionnellement sur le versant d'une entrée par les élèves (Dhellemmes, 1984) où les APSA sont avant tout un moyen pour socialiser et transmettre des valeurs éducatives. Son vécu personnel lui permet à la fois de vivre les sensations, de comprendre les élèves qui rencontrent les mêmes difficultés et de mieux comprendre l'activité dans une dialectique théorie-pratique. Pour elle, il ne s'agit pas de maîtriser les activités mais de les vivre et d'en retirer du plaisir et, professionnellement, d'être en harmonie avec elle-même. Camille résume ainsi : *« j'essaye de trouver une cohérence entre ma conception du monde et... ma pratique professionnelle »* et pour cela l'enseignant doit se poser des questions, s'interroger *« sur ce qu'il veut et la pertinence des moyens qu'il emploie pour atteindre ce qu'il veut »*. La sphère du privé vient épouser la sphère du public, dans une *« conjonction d'un moi intime et d'un moi professionnel »* (Roques, 2003) : *« je trouve génial de pouvoir travailler sur ce que l'on aime... transmettre le plaisir de bouger son corps »*. Le niveau personnel est énoncé et la frontière entre la sphère privée et la sphère publique est très perméable.

5. Conclusion

L'analyse clinique de ces deux cas met en évidence la spécificité de cette discipline scolaire : la nécessité des savoirs en actes, des techniques corporelles. C'est dans la transmission de ces savoirs particuliers que la professionnalité de l'enseignant prend toute sa dimension. Le choix d'un grain fin d'analyse nous a permis, par l'étude de cas, d'interroger la position subjective de chacun des sujets, de comprendre le sens et de mettre à jour la complexité des réseaux de signification, dans une démarche de validité contextuelle et locale.

Pour Gabriel et Camille, il est nécessaire de connaître l'activité et de l'avoir soi-même pratiquée, ressentie pour l'enseigner. Il y a là un va-et-vient entre un soi professionnel enseignant et un soi élève apprenant où le vécu corporel dans l'APSA permet de comprendre l'élève. Toute la difficulté réside, pour ces enseignants novices, dans la difficulté d'enseigner une APSA non vécue : « *comment enseigner la gymnastique si je ne suis pas bon* » ? Ils n'ont comme référence que leur propre pratique et le savoir à enseigner n'est pas encore suffisamment mis à distance de ce vécu personnel, comme nous le voyons très nettement chez Gabriel : « *Je me sers de ce que j'ai vécu* ». Au niveau de l'enseignement, ce vécu fait office de savoir de référence : « *on sait comment apprendre les choses* » nous dit-il. En reprenant les travaux de l'équipe Escol qui distingue le moi empirique du je épistémique (Charlot, 2000), nous pouvons faire un glissement sur le corps avec, d'une part, le corps empirique, celui de l'expérience, du vécu, du ressenti, c'est-à-dire un corps subjectivé (imaginaire) et, d'autre part, un corps épistémique, celui du savoir, de la didactique, c'est-à-dire un corps objectivé (symbolique). C'est ce que nous avons caractérisé, à travers ces deux cas, par un rapport expérientiel et un rapport didactique au corps. Ainsi, la constitution d'un corps épistémique « *n'est pas seulement une condition de la situation didactique, c'est aussi un de ses effets* » (*ibidem*). Le travail didactique que Camille opère, l'in-corporation des savoirs, lui permet de mettre à distance son vécu, dans le sens où, à l'activité ressentie va être substitué un savoir énonçable, et d'élaborer ainsi des contenus d'enseignement : le corps est didactisé. Il s'installerait ainsi une dialectique entre un corps universel, institutionnel, sur le versant du « avoir un corps » et un corps singulier, privé, expérientiel, sur le versant du « être un corps ».

La deuxième hypothèse que nous formulons est que cette référence à son vécu, cette transposition expérientielle, permettrait à l'enseignant novice de s'engager dans l'acte d'enseignement-apprentissage et aurait une fonction sécurisante, en pensant que les élèves sont comme lui et passeront par les mêmes difficultés. Par là, nous pouvons dire qu'il pense pour l'élève. Mais la peur de la singularité de l'élève peut en être également la raison. Penser que tous les élèves sont différents est anxiogène dans le sens où les repères et les différents points d'appui disparaissent. L'EPS s'adresse au corps et chacun vit son corps d'une façon différenciée. La difficulté est de transmettre des savoirs sur le corps identiques à tous mais que chacun va s'approprier différemment dans un rapport au corps singulier. C'est sans doute aussi cela qu'il est difficile de prendre en compte : autant d'élèves que de corps différents !

Pour Gabriel, dans ce rapport à soi, cette maîtrise corporelle lui confère une plus grande aisance et le sécurise vis-à-vis des élèves : elle lui permet d'assurer sa place de sujet supposé savoir. Mais c'est aussi un « être vu », comme si la compétence professionnelle n'était identifiée qu'à cette visualisation possible de ce savoir par les élèves. Il faut faire preuve ! Le savoir, en EPS, est un savoir du corps et pas seulement un savoir sur le corps : « *C'est bien le paradoxe du corps d'être à la fois*

image, objet et signifiant » (Delanoé & Labridy, 1983). Ce « être vu » pose le problème de l'image de soi et de l'importance des enjeux narcissiques pour pouvoir se sentir en sécurité face aux élèves et soutenir sa place d'enseignant. Ainsi, ne pas être capable de démontrer, c'est avouer sa faiblesse. Narcisse se désagrège ! Il y a un glissement entre le savoir et le voir (pour soi et pour les autres) et l'enseignant devient le corps supposé savoir. « *La passion, non seulement d'être un maître mais en plus un maître du corps, n'est-ce pas ce qui fonderait une spécificité du professeur d'éducation physique ?* » (*ibidem*). Mais nous entrevoyons avec Gabriel toute la difficulté d'être le maître sachant et de se construire par cette maîtrise une reconnaissance de la place qu'il occupe. Nous pouvons ici faire le lien avec la nécessité, pour les étudiants et les professeurs stagiaires, de pratiquer l'activité « *pour mieux comprendre les élèves* ». L'enseignant est celui qui s'expose au regard. Or être vu, surtout quand c'est le corps qui est en jeu, c'est véritablement prendre un risque, c'est se risquer à présenter une mauvaise image de soi. « *Le paradoxe d'une position enseignante est d'arriver à exercer une loi, celle de la transmission des savoirs, sans pour autant incarner soi-même le savoir* » (Delanoé & Labridy, 1983).

Selon Pujade-Renaud (1983), le corps est mis en scène pour capter l'attention des élèves, « *une théâtralisation symbolique* » dans laquelle « *plutôt que d'être passivement exposé aux regards, l'enseignant opère une mise en scène active du corps. Il tente de s'assurer ainsi d'une prise de possession des regards enseignés, de métamorphoser l'exposition passive en captation* ». Quand Gabriel et Camille évoquent la plus grande aisance que permet la maîtrise des APSA, il nous semble pouvoir également inscrire ce rapport dans cette problématique de la relation captive à l'élève.

L'analyse des discours nous permet de repérer une cohérence entre leur rapport personnel aux APSA et les différents choix d'enseignement. Blanchard-Laville, en référence à la psychanalyse, montre que l'enseignant (en mathématique) « *est amené à mettre en scène son propre rapport au savoir au mathématique* » et que celui-ci est « *fortement ancré dans l'histoire personnelle de chacun [...]. Ce n'est donc pas le savoir qui s'expose, c'est le sujet* » (2001). Nous avons vu que les APSA recouvrent des réalités de pratique très différentes. Entre Camille qui pratique la danse et Gabriel le tennis, chacun d'entre eux entretiennent un rapport singulier aux APSA qui induit des logiques professionnelles propres à chacun. Selon Blanchard-Laville, il se crée dans cet espace clos de l'acte d'enseignement-apprentissage « *une atmosphère transférentielle* » où l'enseignant « *façonne l'espace au niveau psychique* ». Il y aurait alors comme un transfert de son propre vécu sur celui des élèves, c'est-à-dire « *transport, déplacement d'objets, de personne mais aussi de valeurs, d'investissement* » (*ibidem*). Selon elle, dans ce qu'elle nomme « *le transfert didactique* », l'enseignant, dans l'acte d'enseignement-apprentissage, est amené à s'exposer dans son rapport au savoir. En EPS, il projetterait son propre rapport au corps.

Pour Camille, il faut dépasser les pratiques d'enseignement qui font du corps un enjeu technique, pour s'inscrire dans une culture corporelle. La technique, sans

la renier, devient un moyen de transformation et non une fin en soi. Elle est dans un rapport aux APSA où il s'agit professionnellement d'enseigner « *autre chose* » : les émotions, la connaissance de soi, la socialisation. Ainsi transparait dans la transmission de ces savoirs sur le corps tout le vécu de l'enseignant. Il s'agit, à la fois, d'enseigner des contenus d'enseignement de différentes APSA, mais aussi « *quelque chose de leur rapport profond personnel à ce type de savoir et ce qu'il avait représenté pour eux* » (Rochex, 1996). En cela, nous pouvons dire que le rapport au corps et le rapport aux APSA du sujet sont un révélateur de ses logiques professionnelles.

À l'issu de cet exposé et en considérant les autres analyses de cas réalisées (Jourdan, 2005), il semble que le rapport au corps et le rapport aux APSA du sujet orientent en partie sa logique professionnelle et que celle-ci s'y révèle. La pratique est double : celle de l'APSA et celle de l'enseignement. Le corps est également double : celui privé du vécu et du ressenti personnel et celui public, professionnel de l'enseignant, porteur de savoirs théoriques et didactiques, et pour Gabriel, un corps à montrer. Enseigner des activités physiques et sportives revêt l'EPS d'une spécificité et d'une originalité propres et la notion de rapport au corps et de rapport aux APSA semble être un outil intéressant pour rendre compte, par une démarche clinique, des logiques professionnelles que construisent les étudiants et les professeurs stagiaires dans leurs premières expériences professionnelles. La pratique professionnelle de l'enseignant d'EPS met en jeu inévitablement un rapport à soi corporel, un mise en je du corps. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ALTET M. (1994). *La formation professionnelle des enseignants*. Paris : PUF.
- BANCEL D. (1989). *Créer une nouvelle dynamique de la formation des maîtres*. Paris : MEN.
- BARDIN L. (1998, 9^e édition). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF.
- BEILLEROT J. (1989). *Voies et voix de la formation*. Paris : Éditions Universitaires.
- BEILLEROT J. (1996). Les savoirs, leurs conceptions et leur nature. In J. Beillerot et al. *Pour une clinique du rapport au savoir*. Paris : L'Harmattan, p 145-158.
- BEILLEROT J., BLANCHARD-LAVILLE C. & MOSCONI N. (1996). *Pour une clinique du rapport au savoir*. Paris : L'Harmattan.
- BERNARD M. (1995). *Le corps*. Paris : Éd. du Seuil.
- BERTAUX D. (1997). *Les récits de vie, perspectives ethnosociologiques*. Paris : Nathan.

- BLANCHARD-LAVILLE C. (2001). *Les enseignants entre plaisir et souffrance*. Paris : PUF.
- BOURDONCLE R. (1991). La professionnalisation des enseignants : analyses sociologiques anglaises et américaines. *Revue française de pédagogie*, n° 94, p. 73-92.
- BROHM J.-M. (1985). Le corps : paradigme de la modernité ? *Actions et recherches en sciences sociales*, n° 1, p. 17-19.
- BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol. 7.2. Grenoble : Éd. La pensée sauvage. p. 33-115.
- BRU M. (1998). Qu'y a-t-il à prouver quand il s'agit d'éducation ? In C. Hadji et al. *Recherche et Education, vers une « nouvelle alliance », la démarche de preuve en 10 questions*. Bruxelles : De Boeck.
- CAILLOT M. (2001). Y a-t-il des élèves en didactiques des sciences ? Ou quelles références pour l'élève. In A. Terrisse (Éd.). *Didactique des disciplines. Les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck, p. 141-157.
- CHARLOT B. (1997). *Du rapport au savoir. Éléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.
- CHARLOT B. (2000). La problématique du rapport au savoir. In A. Chabchoub (sous la dir.). *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences*. Tunis : Faculté des sciences de Sfax.
- CHEVALLARD Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : Éd. la pensée sauvage.
- CHEVALLARD Y. (1989). *Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel*. Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, université Joseph-Fourier-Grenoble I, n° 1, 26 juin, document interne n° 108.
- DELANOÉ M.-H. & LABRIDY F. (1983). Formation des enseignants d'EPS et psychanalyse. *Revue EPS*, n° 184, p. 31-34.
- DHELLEMMES R. (1984). Réflexion sur les pratiques athlétiques. *Revue EPS*, n° 188, p. 24-29.
- GOFFMAN E. (1974). *Les rites d'interaction*. Paris : Les Éditions de Minuit.
- JOHSUA S. (1998). Peut-on vraiment expérimenter, et à quelles conditions ? In C. Hadji et al. *Recherche en Education. Vers une nouvelle alliance, une démarche de preuve en 10 questions*. Bruxelles : De Boeck.

- JOURDAN I. (2005). L'évolution du rapport au savoir comme « révélateur » de la logique de professionnalisation : six études de cas en formation initiale en EPS à l'UFR Midi-Pyrénées. Thèse de doctorat non publiée, université Paul-Sabatier-Toulouse 3, Toulouse.
- LABRIDY F. (1998). La construction clinique des savoirs en STAPS : définition, nécessité, modalités, limites et enjeux. In C. Amade-Escot, J.-P. Barrué, J.-C. Bos, F. Dufor, M. Dugrand & A. Terrisse. *Recherche en EPS, Bilan et perspectives*. Paris : Éd. Revue EPS, p. 67-76.
- LANG V. (1999). *La professionnalisation des enseignants*. Paris : PUF.
- MERLEAU-PONTY M. (1976). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard.
- PINEAU C. (1990). Introduction à une didactique de l'éducation physique. *Dossier EPS n° 8*. Paris : Éd. Revue EPS.
- PUJADE-RENAUD C. (1983). *Le corps de l'enseignant dans la classe*. Paris : ESF.
- ROCHEX J.-Y. (1996). Rapport des jeunes au système éducatif aujourd'hui. *Revue EPS, n° 262*, p. 9-12, 96-98.
- ROQUES M.-H. (2003). *Mémoire professionnel et acquisition d'une professionnalité*. Document interne du GRIDIFE, non publié.
- TERRISSE A. (1999). La question du rapport au savoir dans le processus d'enseignement-apprentissage : le point de vue de la clinique. *Carrefour de l'éducation n° 7*, CRDP Amiens, p. 64-87.
- TERRISSE A. (2000). *Recherches en sports de combat et en arts martiaux : état des lieux et perspectives*. Paris : Éd. revue EPS.
- TERRISSE A. (2001). *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck.
- VAN DER MAREN J.-M. (1995). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Bruxelles : De Boeck.

La construction du concept de circulation sanguine en 3^e

Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique

Yann Lhoste, IUFM Basse-Normandie ; CREN, université de Nantes, ÉA2661 ; yann.lhoste@caen.iufm.fr

Cette contribution vise à étudier comment des élèves âgés de 14-15 ans s'engagent dans la construction du concept de circulation sanguine, au cours d'un débat scientifique sur le thème de la nutrition humaine. L'analyse du débat menée croise deux approches : celle de la problématisation, telle qu'elle est développée par Christian Orange au sein du centre de recherche en éducation de Nantes et celle de l'argumentation des élèves. Cette analyse de l'activité argumentative des élèves s'ancre dans le cadre défini par certains psycholinguistes qui s'appuient sur les travaux de Vygostki, Bakhtine, Grize et Bronckart (en mobilisant les concepts de schématisation et d'hétéroglossie). Cette double analyse permet de rendre compte du processus de conceptualisation à l'oeuvre dans le débat scientifique. Elle permet aussi de mieux comprendre la dynamique du débat et les stratégies mobilisées par les élèves de 3^e pour construire le concept de circulation sanguine.

Cette contribution fait suite à l'article paru dans le numéro 40 d'Aster (Lhoste, 2005). Elle cherchera à comprendre comment des élèves de 14-15 ans sont engagés dans la construction du concept de circulation sanguine lors d'un débat scientifique sur le thème de la nutrition.

Après avoir développé le cadre théorique de nos recherches, nous présenterons une étude de cas dans le cadre de trois séances avec des élèves de 14-15 ans sur le thème de la nutrition. À partir de cet exemple, il s'agira d'explicitier les liens entre la conceptualisation, la problématisation et l'activité langagière, en particulier argumentative, des élèves qui leur permettent d'accéder à un savoir scientifique.

Cette étude présentera, dans un premier temps, la façon dont les élèves conçoivent la circulation sanguine avant apprentissage. Ces conceptions nous serviront à comprendre sur quoi ils s'appuient lorsqu'ils s'engagent dans le débat scientifique.

À partir d'une analyse épistémique des interventions des élèves dans ce débat scientifique, conduite selon la méthodologie de C. Orange (2000), nous identifions la façon dont le concept de circulation sanguine s'est construit par la détermination des « *raisons* », c'est-à-dire des contraintes et des nécessités pour reprendre les termes de C. Orange (2003).

Dans un second temps, nous procéderons à l'analyse de l'activité argumentative des élèves lors de la construction de la nécessité d'une distribution par circulation. Cette analyse microscopique nous permettra d'établir des liens entre l'activité langagière des élèves et la problématisation.

Enfin, nous suivrons le devenir de cette nécessité au cours du débat ce qui nous donnera des informations sur la dynamique de la problématisation et de la conceptualisation dans le débat scientifique.

I. Le cadre théorique de la problématisation

Il est d'abord nécessaire de définir les caractéristiques des savoirs scientifiques et de l'activité scientifique que nous retenons en nous appuyant sur les travaux des épistémologues contemporains. Cela va nous conduire, en explicitant le lien entre problème et savoir, à identifier la dynamique de la construction des savoirs et les conditions de leur genèse.

1.1. Les caractéristiques d'un savoir scientifique

• Un savoir scientifique est de nature explicative

Pour Popper (1991/1998, p. 297), « *le but de la science, c'est de découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous étonne et paraît nécessiter une explication* ». À la suite de Popper, de Toulmin (1973, p. 113-114) et de Jacob (1981, p. 29), nous pouvons dire que le savoir scientifique est de nature explicative¹. Même si Bachelard ne mentionne pas explicitement le terme d'explication, préférant utiliser l'expression « *rendre raison d'un phénomène* » (Bachelard, 1949/1998, p. 3), il s'inscrit bien dans ce courant lorsqu'il distingue cette dernière activité de la « *simple description d'une organisation* » (*ibidem*, p. 39).

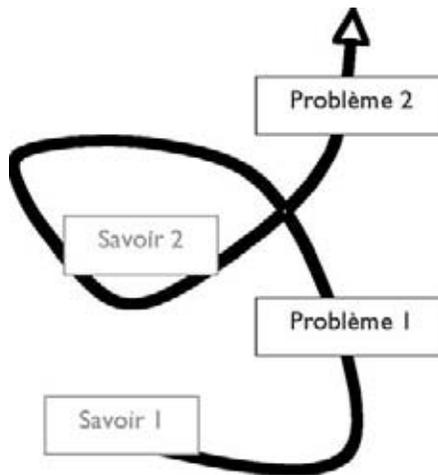
• Une relation circulaire entre problème et savoir

Aussi, nous pouvons dire, dans une première approche, que la connaissance scientifique découle d'un problème (Bachelard, 1938/1993, p. 14 ; Popper, 1991/1998, p. 230). On peut ainsi mettre en place un premier lien entre le problème et le savoir scientifique : un problème conduit à un savoir scientifique.

¹ Les explications produites par la science seraient en cela proches des mythes mais s'en distingueraient notamment par une tradition d'analyse critique des explications produites.

Ce lien donne une indication du mouvement de la pensée mais ne permet pas encore de rendre compte de la conception de ces épistémologues. Une nouvelle connaissance peut provenir de la résolution d'un problème mais, pour résoudre ce dernier, il faut déjà pouvoir le comprendre ce qui implique de posséder au préalable un minimum de connaissances qui permette de percevoir le problème comme tel (Popper, 1991/1998, p. 261). Cela donne un schéma spiralaire qui peut représenter le mouvement de la pensée dont parle Bachelard (1949/1998, p. 65) (document I).

**Document I. Le mouvement de la pensée
organisée entre le savoir et les problèmes**



Le savoir I permet de percevoir le problème I. La résolution du problème I fonde un nouveau savoir, le savoir 2 qui a une valeur de réorganisation du savoir I. Ce nouveau savoir permettra alors de percevoir d'autres problèmes que ne permettait pas d'appréhender le savoir I.

Bachelard (1949/1998, p. 35) et Deleuze attirent notre attention sur l'importance de ce lien entre les savoirs et les problèmes : « le problème a beau être recouvert par les solutions, il n'en subsiste pas moins dans l'idée qui le rapporte à ses conditions, et qui organise la genèse des solutions elles-mêmes. Sans cette idée, les solutions n'auraient pas de sens. » (Deleuze, 1969, p. 70). Le problème ne disparaît donc pas lors de sa résolution : au contraire, sans problème, les solutions n'auraient aucun sens. Ce lien dynamique et circulaire entre les savoirs et les problèmes est aussi une caractéristique des savoirs scientifiques.

• Un savoir scientifique a une dimension sociale

Enfin, une autre caractéristique des savoirs scientifiques découle d'une analyse de l'activité scientifique par Kuhn (1983). Il met en avant le rôle important de la

communauté scientifique dans l'activité scientifique². Pour prendre en compte cette dimension sociale de l'activité scientifique, nous pouvons considérer, à la suite de M. Fabre et C. Orange (1997, p. 38), qu'un savoir ne peut acquérir une valeur scientifique que dans la mesure où il a été soumis à la critique des pairs. Cela a deux conséquences : d'une part, le savoir doit être partagé avec les autres pour accéder au statut de savoir scientifique ; d'autre part, le savoir scientifique doit avoir été soumis à la critique des pairs, ce qui lui permet d'atteindre un caractère de nécessité ou d'apodicticité³. Canguilhem (1965/2003, p. 58) met en avant ce caractère apodictique du savoir lorsqu'il affirme que « *connaître, c'est moins buter sur le réel que valider un possible en le rendant nécessaire* ». Et si « *les explications perdent tout caractère de nécessité* », ce ne sont plus des savoirs scientifiques, mais de « *simples réponses factuelles qui se succèdent au hasard* » (Fabre, 1999, p. 194).

Cette approche rationaliste du savoir scientifique nous amène à nous interroger sur la façon dont les enseignants peuvent engager leurs élèves dans la construction de tels savoirs.

1.2. Construction des savoirs scientifiques en classe et problématisation

Les intentions didactiques qui nous ont amené à mettre en place les situations de classe analysées dans cette recherche proviennent des travaux menés par C. Orange en didactique des *sciences de la vie et de la Terre* (SVT) (1993, 2002, 2005) et par l'équipe du CREN, sous la direction de M. Fabre & C. Orange (Fabre, 1993, 1999, 2005 ; Fabre & Orange, 1997). Ces travaux montrent que la problématisation en SVT permet la construction des raisons qui donnent accès à un savoir ayant un caractère de nécessité.

Pour éviter ce que Fabre (2003, p. 145) appelle la « *pensée plate* »⁴, il faut concevoir la problématisation comme une organisation à deux dimensions : « *Nous nous souvenons à une dimension, nous comprenons à deux dimensions et nous possédons à trois dimensions* » (Bachelard, 1949/1998, p. 61). L'activité cognitive qui permet l'ouverture de ces deux axes correspond à ce que Bachelard appelle la « *surveillance intellectuelle de soi* », c'est-à-dire la division de la pensée qui agit et qui se juge elle-même en train d'agir (Bachelard, 1949/1998, p. 60). Voilà comment Bachelard décrit ce « *dédoublement psychologique* » caractéristique de l'esprit scientifique : « *Toute pensée scientifique se dédouble en pensée assertorique et pensée apodictique, entre une pensée consciente du fait de penser et pensée consciente de la normativité de penser.* » (*ibidem*, p. 25).

2 Bachelard a bien utilisé la notion de « *cité scientifique* » sans beaucoup l'utiliser et la développer.

3 Est apodictique ce qui est nécessaire, ce qui ne peut être autrement. En cela, la modalité de l'apodictique se distingue de celle de l'assertorique : ce qui pourrait être autrement.

4 « *Dans la pensée plate, il n'y a pas déploiement des deux axes de la problématisation : il n'y a pas dissociation des données d'une part et des conditions d'autre part, ou encore dissociation des faits et des normes. Tout est sur le même plan ! On accumule des données sans possibilité de hiérarchisation et dans la plus grande confusion entre l'essentiel et l'accessoire.* » (Fabre, 2003, p. 145)

Si l'on veut accéder à une solution scientifique, c'est-à-dire ayant une certaine valeur d'apodicticité, il faut déterminer le problème. Déterminer le problème revient à rechercher des solutions possibles et les conséquences de chaque solution. C'est en cela que la construction du problème est l'étape centrale de la problématisation⁵. Les travaux de C. Orange permettent de décrire plus précisément la problématisation en SVT.

L'analyse qu'il propose de l'activité scientifique comme production d'explications rejoint celle de Popper (1991/1998, p. 297-298). Orange distingue ce qu'il y a à expliquer (*l'explicandum* de Popper) de ce qui explique (*l'explicans* de Popper). Suivant S. Bachelard (1979, p. 5) on peut montrer une grande proximité entre l'explication et la modélisation dans les sciences expérimentales. Cela nous permet de reprendre les travaux de Martinand (1992, p. 15) sur la modélisation : « *l'idée première est de distinguer le modèle de son référent, ou plutôt le registre de l'élaboration modélisant du registre du référent empirique* ».

Le registre empirique contient des objets, des phénomènes et des expériences quotidiennes. Il contient les éléments que l'on peut vérifier par une observation, une mesure. Les éléments du registre empirique correspondent à ce qu'il y a à expliquer et nous pouvons dire qu'ils ne sont pas constitués une fois pour toutes. C'est là un point important qui distingue notre approche rationaliste de la pensée empirique, car le registre empirique n'est pas donné d'avance, il est construit par les élèves ou les personnes qui s'engagent dans un processus de problématisation. Ainsi les éléments du registre empirique peuvent varier lors de la construction du problème⁶.

Le registre du modèle est lui aussi construit par l'élève. Il contient les éléments liés à une organisation et/ou à un fonctionnement plus ou moins imaginé. Ces éléments constituent les tentatives de solutions proposées *pour expliquer* les éléments du registre empirique.

La problématisation consiste à mettre « *en tension critique le savoir* », c'est-à-dire à articuler « *explicitement des contraintes empiriques repérées comme pertinentes, avec des conditions de possibilité des modèles explicatifs* » (Orange, 2000, p. 27). Orange parle de « *l'établissement des raisons* » (2003, p. 62). Nous pensons que l'articulation fonctionnelle entre les éléments du registre empirique (identification des contraintes) et les éléments du registre du modèle (nécessités sur les modèles) provoque une « *ré-organisation du savoir* » et constitue le sujet en rationalité en lui permettant d'accéder à « *des principes de nécessité* » (Bachelard, 1949/1998, p. 11). Ainsi ce travail permet le passage d'une connaissance commune à un savoir scientifique dans la mesure où il a acquis une valeur d'apodicticité.

⁵ Raison pour laquelle nous utilisons les deux termes dans le même sens.

⁶ « *C'est par l'enchaînement conçu rationnellement, que les faits hétéroclites reçoivent leur statut de faits scientifiques* » (Bachelard, 1949/1998, p. 123).

Nous allons, à présent, nous intéresser à la façon dont nous pouvons suivre la construction du concept de circulation sanguine au cours d'un débat scientifique en classe.

2. Présentation de l'étude de cas

Le débat scientifique est organisé à partir d'affiches produites par les élèves d'une classe de 3^e (14-15 ans) répondant à la question suivante : « *Expliquer par un schéma et un texte comment un organe (comme le muscle) est approvisionné en énergie et en matière* ». C'est le troisième temps d'une progression consacrée au « *Fonctionnement de l'organisme, activité des cellules et échanges avec le milieu* »⁷.

Le corpus de données comporte l'ensemble des productions individuelles (26 productions) obtenues lors d'une évaluation diagnostique, les 6 affiches produites lors d'un travail de groupe et une transcription complète du débat scientifique d'une heure comportant 360 interventions (Lhoste, 2004).

À partir de l'activité langagière développée par les élèves (tant écrite et privée que publique et orale), nous pensons pouvoir procéder, à la façon de Foucault (1969, p. 237), à une analyse des « *éléments qui doivent avoir été formés par une pratique discursive pour qu'éventuellement un discours scientifique se constitue, spécifié non seulement par sa forme et sa rigueur, mais aussi par les objets auxquels il a à faire, les types d'énonciation qu'il met en jeu, les concepts qu'il manipule, et les stratégies qu'il utilise* ». C'est bien parce que nous faisons l'hypothèse qu'il existe un lien très fort entre les systèmes explicatifs des élèves et leurs productions écrites ou orales que nous utiliserons ces différentes traces pour inférer la façon dont ils pensent⁸. Ce présupposé théorique nous inscrit dans le courant vygotkien (Vygotski, 1998). À partir des productions des élèves, de ce qu'ils disent, écrivent, nous tenterons de rendre compte du processus de problématisation à l'œuvre.

Dans un premier temps, nous procéderons à une analyse épistémologique des éléments du corpus pour comprendre comment les élèves passent d'idées sur la circulation aux raisons de la circulation.

7 Il s'agit de faire construire aux élèves un modèle intégré des processus de nutrition où interviennent les apports en nutriments et en dioxygène pour expliquer le métabolisme de la cellule (apport de matière et d'énergie). La première phase a consisté en une évaluation diagnostique individuelle. La seconde phase a permis la réalisation des affiches support du débat scientifique.

8 Il ne s'agit pas de dire que la production écrite ou orale est une copie exacte de sa pensée, mais que les productions langagières d'un élève ont quelque chose à voir avec ce qu'il pense.

3. Des connaissances initiales des élèves de 3^e sur la circulation sanguine aux raisons

3.1. Connaissances initiales des élèves présentes dans les évaluations diagnostiques et les productions de groupe

L'analyse des évaluations diagnostiques des élèves nous permet d'identifier les connaissances initiales des élèves sur la circulation sanguine (qu'il s'agisse du contenant, du contenu ou du moteur de la circulation) que nous appellerons *idées*. Prenons l'exemple d'une production, celle de Kévin (annexe I), pour comprendre comment nous avons identifié les idées des élèves. Sur son schéma, les idées de sang et de distribution sont présentes. Kévin a aussi représenté le cœur. Son texte⁹ étant construit comme une chronique, les idées qu'il contient ne peuvent être assimilées à des contraintes ou à des nécessités puisqu'elles ne sont pas articulées de manière fonctionnelle, mais seulement mises en relation de façon temporelle.

L'annexe II récapitule les différentes *idées* repérées dans les productions individuelles et les affiches des groupes.

Dans leur production initiale vingt élèves (sur vingt-six) font appel au sang ou à des vaisseaux sanguins pour transporter « *ce dont le muscle a besoin* » du tube digestif au muscle. Dans la phase suivante les six groupes font référence à un transport par le sang ou des vaisseaux sanguins.

Comme vingt élèves font intervenir le sang dans un rôle de transporteur, il n'est pas surprenant qu'ils équipent leur modèle d'un système de distribution. Ils citent au moins un élément du système circulatoire (sang, cœur, veine, artère, capillaire, vaisseau sanguin) dans leurs textes ou leurs schémas. Parmi eux, deux élèves utilisent le verbe distribuer. Quatre autres ne font référence à aucun élément du système circulatoire. Pour ce qui concerne les travaux de groupe, cinq groupes (sur six) font référence à des éléments du système circulatoire.

Dix-huit élèves représentent des tuyaux entre le tube digestif et le muscle. Seuls quatre (ou cinq ?) indiquent un circuit sanguin clos. Cela conduit cinq (ou quatre ?) groupes à représenter des tuyaux sanguins et un (ou deux ?) groupe un circuit sanguin clos. Il faut noter que c'est ce critère qui a été pris en compte pour constituer des groupes homogènes.

Quatorze élèves font référence à la présence du cœur dans leur évaluation diagnostique. Neuf se contentent de le représenter sans que l'on sache s'il joue un rôle dans le problème qui nous intéresse. Cinq élèves font explicitement référence à un rôle du cœur dans la distribution des nutriments aux muscles.

9 « L'aliment est mâché dans la bouche puis il descend dans l'estomac, il est dissout puis envoyé dans le gros intestin et il est trié, les nutriments passent par le sang et ils sont envoyés dans le muscle. »

3.2. La détermination des contraintes théoriques et des nécessités sur le modèle pendant le débat scientifique

L'analyse du débat, menée en utilisant la méthodologie construite par C. Orange (2000, p. 60-82), permet de dégager les contraintes empiriques, les contraintes théoriques et les nécessités sur le modèle exprimées par les élèves. L'annexe 3 représente l'espace des contraintes qui tente de rendre compte de la problématisation comme « mise en tension » du registre empirique et du registre des modèles. Parmi ces contraintes et nécessités, deux contraintes théoriques¹⁰ et trois nécessités sur les modèles concernent la circulation sanguine.

• Contraintes théoriques

Les deux contraintes théoriques sont représentées à l'intérieur d'un cadre sur l'annexe 3 :

– **les muscles utilisent les nutriments comme source de matière et d'énergie.** (I¹¹, 34, 193₃, 282) ;

– **le sang transporte les nutriments dans l'organisme** (I, 17-18, 20, 34, 98, 130, 135, 184-185, 193₃, 255, 257, 282, 320, 326₆).

Dès les premières productions d'élèves, ces deux contraintes théoriques sont présentes, sous forme d'idées. Ces idées ne seront pas mises en discussion lors du débat car un large consensus existe à leur sujet dès l'évaluation diagnostique. Pourtant ces contraintes théoriques constituent le point de départ de la construction de la nécessité de distribution comme nous allons le voir. C'est pourquoi nous leur attribuons le statut de contrainte dans ce débat.

• Nécessités sur le modèle

Les trois nécessités sur le modèle (qui apparaissent annexe 3 dans des carrés à coins arrondis) ont été construites de la façon suivante.

– **La nécessité d'une distribution** apparaît rapidement dans le débat sous la forme d'une critique du modèle présenté par le groupe I.

12 – Maxime : *Bah, c'est pris par quoi en fait ? Je vois pas très bien, mais ils disent que l'organisme trie ce qui est bon et mauvais, mais ça va au muscle comment ?*

13 – Maxime : *Comment va ce que, l'organisme il choisit ce qui est bon mais comment ça va jusqu'au muscle en fait ?*

¹⁰ Parmi les propositions référées au registre du modèle, nous distinguons les contraintes théoriques des nécessités sur le modèle. Les contraintes théoriques sont partagées par la plupart des élèves de la classe et ne seront jamais soumises à discussion (elles sont hors-question) pendant le débat. Elles apparaissent dans des cadres sombres dans l'espace de contraintes de l'annexe 3.

¹¹ Les numéros entre parenthèses correspondent aux numéros des interventions du débat. Certaines interventions plus longues ont été subdivisées. Les indices suivant le numéro d'une intervention correspondent à la place de ce fragment dans l'ensemble de l'intervention

Lorsque Angélique présente l'affiche du groupe 1, elle n'indique pas comment les « bons aliments » vont jusqu'aux muscles (extrait de l'intervention 1 : « *Ce qui est bon passe dans le sang, dans tous les organes quoi.* »). Maxime comprend que « ce qui est bon » passe dans le sang et il se demande comment cela « va jusqu'au muscle ». À travers ce questionnement, Maxime sous-entend la nécessité d'une distribution et met en relation deux contraintes théoriques : « le sang transporte les nutriments » et « les muscles utilisent des nutriments ». Puisque les nutriments passent dans le sang, il est nécessaire qu'un système assure la distribution du sang aux muscles.

– **La nécessité que la distribution soit effectuée par circulation** est établie lors d'un épisode argumentatif que nous allons étudier dans la partie 4. (118, 120, 121-122, 124, 125-126-127, 130, 135, 137, 143-144-145, 153, 201, 203, 206, 276, 305).

– **La nécessité d'une pompe qui met le sang en mouvement.** Pour que des fluides circulent, il faut qu'il y ait un dispositif qui assure la mise en mouvement de ces fluides. C'est ce que sous-entendent les différentes propositions des élèves :

166 – Maxime : *Bah, nan, il peut pas, le cœur, aspirer le sang.*

169 – Maëva : *...c'est toujours projeté dans le même sens.*

172 – Maxime : *Il y a qu'un sens de circulation.*

3.3. Discussion

Les nécessités construites par les élèves lors du débat scientifique sont pertinentes sur le plan épistémique même si nous ne savons pas exactement sur quel(s) fondement(s) elles reposent. Et ce d'autant plus qu'Orange (2003, p. 102) a mis en évidence que certains fondements sont peu scientifiques.

Les trois nécessités sur le modèle concernant la distribution que nous avons repérées dans ce débat sont présentes, à l'état d'idées, dès l'évaluation diagnostique. Cela ne paraît pas surprenant puisque le rôle du sang dans le transport des nutriments est l'objet d'un consensus dans la classe. Il s'agit d'une différence importante entre ce débat et ceux menés à l'école primaire sur le même thème (Orange, 2003, p. 88). C'est d'autant plus intéressant que « le rôle du sang » est un point d'appui qui va permettre à la problématisation de se développer. Ce processus n'est pas contradictoire avec notre démarche de problématisation car, comme le rappelle Wittgenstein (1987, p. 89) : « *il est inhérent à la logique de nos investigations scientifiques qu'effectivement certaines choses ne soient pas mises en doute.* ».

Cette première analyse correspond à une analyse macroscopique du débat qui décrit ce qui se passe au niveau épistémique. Elle nous donne peu de détails sur la façon dont les élèves, individuellement ou en interaction entre eux ou avec l'enseignant, construisent les raisons (et prennent en charge cette construction) dans la dynamique du débat. C'est pourquoi nous allons utiliser une autre approche

pour comprendre de façon plus fine comment la nécessité d'une distribution par circulation se développe dans le temps de l'interaction.

4. La construction de la « nécessité d'une distribution par circulation »

Pour comprendre comment cette nécessité émerge des interventions des élèves, nous allons nous intéresser à leur activité argumentative. En effet, Fabre (1999, p. 199) indique que le processus qui permet de construire un espace-problème peut être abordé comme une activité argumentative qui, d'une part, permet la construction des solutions possibles et, d'autre part, possède une dimension formelle puisque, parmi les solutions présentées, les élèves seront amenés à en préférer certaines (les élèves pourront argumenter leurs choix pour persuader les autres). De plus, nous pensons, à la suite de Rebière (2000) et Jaubert et Rebière (2000, 2001), que l'observation et l'analyse de l'activité langagière des élèves nous renseigneront sur leur activité cognitive et donc sur la problématisation.

C'est à partir d'une analyse de l'activité argumentative des élèves (interventions 116 à 145) que nous pourrions comprendre comment les élèves prennent conscience de la « nécessité d'une distribution par circulation ». En retour, nous comptons obtenir des informations sur leur activité de problématisation.

4.1. La construction de la schématisation (au sens de Grize¹²) « nécessité d'une distribution par circulation »

Nous analyserons le développement du débat en utilisant les catégories proposées par Fillon *et al.* (2004, p. 236-245) et éprouvées préalablement par Jaubert et Rebière (2000 et 2001). Ces catégories sont construites à partir des opérations d'objet développées par Grize (1996) et par Bronckart (1996) en y intégrant des indicateurs de l'hétéroglossie¹³. Nous présenterons ces différentes opérations d'objet lorsque nous les utiliserons.

L'analyse de la construction de la schématisation conduisant à la « nécessité d'une distribution par circulation » est présentée dans le document 2.

12 Grize définit la schématisation comme « une représentation discursive de ce dont il s'agit » (1997, p. 29). Une schématisation correspond donc à un énoncé présenté à un interlocuteur comme une image d'une certaine réalité, c'est une façon « de faire voir quelque chose à quelqu'un » (Grize, 1996, p. 50). Pour qu'un tel énoncé soit recevable, il doit être négocié et c'est en cela que « l'activité globale entre les interlocuteurs est nécessaire afin de s'assurer d'un accord suffisant » (*ibidem*, p. 86).

13 « Tout énoncé – depuis la réplique brève jusqu'au roman ou au traité scientifique – comporte un commencement absolu et une fin absolue : avant son début, il y a les énoncés des autres, après sa fin, il y a les énoncés-réponse des autres. » (Bakhtine, 1984, p. 277). Cette définition renvoie au double dialogisme qui « irrigue » les énoncés qui peuvent alors être hétéroglossiques. Ainsi certains énoncés signalent (explicitement ou non) dans leur énonciation la superposition de plusieurs voix qui ne peuvent pas être toutes attribuées à l'énonciateur, c'est ce processus de signalisation que nous nommons hétéroglossie.

Document 2. Construction et négociation

de la schématisation « nécessité d'une distribution »

Situation :	La schématisation du groupe 3 telle que nous l'avons reconstruite est la suivante ¹⁴ (Lhoste, 2005) : « Les aliments passent dans l'œsophage et dans l'estomac. Il y a un tri dans l'estomac. Ce qui n'est pas bon va dans l'intestin grêle et ensuite sera rejeté. Ce qui est bon, ça va dans le cœur . ». C'est une comparaison entre l'affiche du groupe 3 (annexe 4) et celle du groupe 2 qui est maintenant l'objet du débat.	
N° intervention dans la transcription du débat et nom de la personne qui intervient	Intervention (les italiques, gras et soulignés doivent permettre de suivre certains fragments des interventions).	– Qualification des opérations qui interviennent dans la construction et la négociation de la schématisation. – Indicateurs de l'hétéroglossie.
I16 – Maëva ¹⁵ :	Bah pour le cœur il y a aussi une circulation ¹⁶ .	le cœur → la circulation avec thématization de circulation qui devient l'objet dont on va parler.
I17 – Enseignant :	Alors, est-ce qu'il y a une circulation là ?	
I18 – Maëva :	Il y a une partie, <i>mais il y a que deux canaux</i> .	Construction de l'objet du discours par opération γ_2^{17} : la circulation → <i>canaux</i> . « <i>mais il y a que</i> » signale la dissonance.
I19 – Enseignant :	Maëva ? Allez-y, allez-y	
I20 – Maëva :	<i>Il faut plus de canaux, y en a que deux là.</i>	« <i>mais il y a que deux canaux</i> » → « <i>Il faut plus de canaux</i> » : Glissement du descriptif vers la construction d'une nécessité, modalisation déontique.
I21 – Enseignant :	Alors, est-ce que cela peut circuler avec vos deux tuyaux, c'est ça la question, un, Maëva ?	
I22 – Maëva :	Bah, non, <u>ça passe juste</u> .	Actualisation qui détermine « l'angle de présentation de l'objet » la circulation → « <u>ça passe</u> ». « <u>juste</u> » stratégie qui minimalise le processus d'actualisation en indiquant la réduction à une caractéristique élémentaire de la circulation.
I23 – Enseignant :	Oui, Sabrina ?	
I24 – Sabrina :	<u>Ça fait pas un cycle</u> .	Nouvelle construction de l'objet du discours par une opération γ_2 : la circulation → <u>faire un cycle</u> . La négation « <u>pas</u> » signale la dissonance.
I25 – Enseignant :	Ça fait pas un cycle, mais pourquoi il faudrait que ça fasse un cycle ?	
I26 – Benoît :	<i>Pour pouvoir le changer.</i>	Extension de l'objet du discours « <u>faire un cycle</u> » par ajout : « <i>pour pouvoir le changer</i> ».

¹⁴ La schématisation dont il est question a été négociée entre les interventions 100 et 108.

¹⁵ Maëva est une élève du groupe 4.

¹⁶ C'est la première occurrence du terme « circulation » dans le débat.

¹⁷ Opération qui puise dans le faisceau d'objet, « γ_2 introduit un ingrédient, c'est-à-dire un élément hétérogène relativement à la classe distributive à laquelle appartient l'objet de départ. » (Grize, 1997, p. 83)

127 – Léa :	<u>Pour pouvoir que le sang s'en aille.</u>	Double reprise-modification de 126 : – par référenciation : « <u>le</u> » → « <u>le sang</u> » ; – par une modification du statut de « <u>le sang</u> » qui passe de celui sur lequel « on » exerce une action, à celui qui agit « s'en va ».
128 – Enseignant :	Pour renouveler le sang. Alors comment il est renouvelé le sang ici ? ...	
129 – Enseignant :	Maxime, vous étiez... vous pouvez les aider, ceux qui étaient dans le groupe, quand il y a des questions, ils peuvent intervenir.	
130 – Enseignant :	Ça va rester en suspens cette histoire de circuit, là...	
131 – Maëva :	Bah, ça veut dire que si ça marche comme ça , ça veut dire que le sang il arrive au muscle <u>mais il ne repart pas</u> . Donc , il y a trop de sang dans le muscle. Si on regarde leur schéma...	Recontextualisation du discours : « si ça marche comme ça » et comme Maëva prend en compte le point de vue de l'autre, il y a donc là orchestration de l'hétéroglossie ; Reprise-modification de 122 et 124 par référenciation (la même qu'en 127) de « ça » → « <u>le sang</u> ». Réduction de l'hétéroglossie par couplage de 122 et 124 qui se traduit par une dénivellation : « Donc » couplée à une modalisation appréciative « trop ». Cela traduit une incitation à changer de point de vue qui se traduit par le passage de la chronique à un énoncé évaluatif.
132 – Enseignant :	Oui, alors si on regarde leur schéma, allez-y..., vous avez entendu Maxime, ce que dit Maëva ?	
133 – Maxime :	Bah oui, Maëva, elle a raison, parce que	
134 – Enseignant :	Alors, attendez, on recommence, tout le monde écoute, on va essayer se de débrouiller avec ça, alors..., donc, vous vous dites Maëva, allez-y...	
135 – Maëva :	Si ça fonctionnait comme ça le sang il arrive au muscle, <u>mais il ne repart pas</u> , donc ça fait trop de sang dans le muscle.	Reprise de 131 avec décontextualisation marquée par : - le changement de monde : « marcher » → « fonctionner » ; - le changement de mode verbal : présent → conditionnel. Réduction de l'hétéroglossie par couplage de 122 et 124 qui se traduit par une dénivellation : « ça ». « <u>donc</u> » : marqueur de déduction logique ¹⁸ .
136 – Enseignant :	Maxime ?	

¹⁸ Nous interprétons ce deuxième « donc » comme un marqueur de déduction logique, car la dénivellation observée en 131 est assurée par le « ça ». De plus l'énoncé qui suit est de nature fonctionnelle.

137 – Maxime :	Bah normalement, moi je pense que <u>c'est</u> plutôt <u>un circuit qui se passe</u> , faudrait, qu'il y ait un <u>retour</u> en fait, du sang.	Nouvelle construction de l'objet du discours par une nouvelle opération γ2 : la circulation → « <u>c'est un circuit qui se passe</u> ». Orchestration de l'hétéroglossie par la modalisation (moi, je pense que ; plutôt ; il faudrait). Reprise-modification de 131-135 : « <u>mais il repart pas</u> » → « <u>il faudrait qu'il y ait un retour</u> ». « en fait » est ici conclusif et signale un nouveau point de vue.
138 – Enseignant :	Un retour où ?	
139 – Maxime :	Vers le cœur et du cœur vers l'estomac.	Extension de « <u>retour</u> » par ajout chronologique.
140 – Maëva :	Le sang , il passe dans le muscle, mais il reste pas.	Réduction de l'hétéroglossie par couplage de 135 avec 137 pour construire l'objet du discours, c'est-à-dire la circulation.
141 – Enseignant :	Le sang, il passe dans le muscle et il reste pas.	
142 – Maxime :	Nan, bah nan, <u>il dépose ce qui est bon</u> .	Actualisation de « le sang » en 140 : « il dépose ce qui est bon »
143 – Enseignant :	Et pourquoi il ne peut pas rester dans le muscle ?	
144 – Maxime :	Bah si il s'accumule	Décontextualisation : « Si... »
145 – Benoît :	À force, il y aura trop de sang... il va éclater...	Reprise de 144 par ajout chronologique : « À force) Réduction de l'hétéroglossie par reprise modification de 131 : « il y a trop » → « il y aura trop » et déduction logique.

Pour résumer rapidement la construction de la nécessité d'une distribution par circulation, elle est d'abord travaillée par Maëva dans l'intervention 131 qui est construite sur le modèle suivant : si X, pas Y donc trop de Z, ce qui est impossible (sous-entendu). Ce raisonnement permet d'établir la nécessité qui sera affirmée comme telle par Maxime en 137.

Plusieurs caractéristiques de cette construction méritent d'être discutées et, tout d'abord, l'évolution de l'objet construit ainsi que ses principaux attributs.

4.2. La nature de l'objet {la circulation}

Dès sa première intervention, Maëva (116 : « *Bah pour le cœur il y a aussi une circulation* ») déplace le débat d'une simple généralité descriptive (« *Ça va dans le cœur* ») vers le thème de la circulation. L'objet du discours étant suffisamment focalisé (Rebière, 2000, p. 240), cela favorise le développement d'un discours de nature scientifique sur ce thème.

Le document 3 reprend les transformations progressives de l'objet du discours : {la circulation}.

Document 3. Les transformations de l'objet {circulation}

N° intervention	Transformation de l'objet {circulation}	Caractéristiques de l'objet.
118, 122	Circulation → canaux → ça passe	La circulation c'est un système de tuyauterie dans lequel quelque chose est mis en mouvement.
124, 126, 127	Circulation → faire un cycle pour que le sang s'en aille	La circulation c'est une mise en mouvement du sang qui se répète de façon cyclique.
137, 139, 140, 142.	Circulation → « c'est un circuit avec le sang qui passe dans les muscles, dépose ce qui est bon dans le muscle et retourne vers le cœur ».	La circulation ce sont des tuyaux qui permettent au sang de circuler en déposant ce qu'il contient dans les organes.

À partir de l'annonce du thème par Maëva, l'objet {circulation} va être reconstruit 3 fois par des opérations d'objet internes de type γ_2 (Grize, 1997, p. 82-89). Cela permet d'enrichir la classe objet {circulation} au fil du discours.

Les trois reconstructions ne sont pas indépendantes puisque la troisième intègre les caractéristiques des deux premières. Elle ajoute la notion d'échange entre le sang et les muscles.

L'orchestration de l'hétéroglossie dans le débat scientifique doit nous amener à comprendre comment les trois reconstructions sont articulées.

4.3. L'orchestration de l'hétéroglossie et la problématisation

L'orchestration de l'hétéroglossie par les élèves durant le débat est source de dissonance, c'est-à-dire de difficultés à prendre en charge les différents énoncés présents dans le débat.

La première dissonance, rencontrée en 118 (« *Il y a une partie, mais il y a que deux canaux* »), se manifeste par l'usage de la conjonction « mais ». Elle indique que Maëva ne peut pas prendre en charge simultanément les deux énoncés suivants :

- celui proposé par le groupe 3 : la distribution est assurée par un tuyau reliant le cœur au muscle (annexe 4) ;
- la représentation qu'elle semble se faire, à ce moment du débat scientifique¹⁸, de la circulation sanguine par circuit clos.

C'est le conflit entre la conception de la distribution de Maëva et la proposition d'un modèle de circulation par irrigation par le groupe 3 qui provoque cette dissonance.

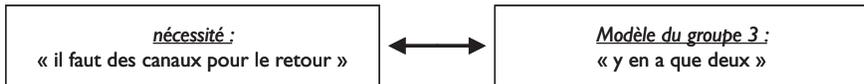
Du point de vue de la problématisation, nous pouvons dire que cette dissonance est révélatrice d'une prise de conscience par Maëva du problème de la circulation. C'est ce que nous appelons à la suite d'Orange (2005), le problème

¹⁸ La conception de la circulation de Maëva a dû se modifier depuis l'évaluation diagnostique et le travail de groupe, puisque dans ces deux situations Maëva a produit une distribution par irrigation (annexe 2).

perçu¹⁹. Vu la part d'implicite qui subsiste dans l'intervention de Maëva, il est peu probable que les autres élèves de la classe aient, tous, perçu ce problème.

Suivons la construction du problème de la distribution dans la suite du débat.

Encouragée par l'enseignant (I19), Maëva tente une première explicitation (I20 : « *Il faut plus de canaux, y en a que deux là* ») de ce qui fait problème. Elle met en relation critique le modèle proposé par le groupe 3 et une nécessité (« il faut des canaux pour le retour ») qui donne l'intervention « *il faut plus de canaux* ») qui ne serait pas respectée ici :



Cette mise en relation permet à la discussion de glisser de la simple description à un début de construction de problème par « mise en tension » de contraintes et de nécessités.

Les relances de l'enseignant orientent le débat dans ce sens. L'intervention I22 (« *Bah, non, ça passe juste.* ») centre définitivement le problème sur le fonctionnement de la distribution. Maëva explicite une nouvelle mise en relation critique :



L'emploi d'une expression réductrice (« juste ») permet à Maëva de réfuter le modèle du groupe 3, la circulation ne peut pas se réduire à un simple déplacement du sang. Du point de vue de la problématisation, Maëva commence à construire le problème de la circulation. Nous pensons que cette intervention traduit aussi, pour Maëva, le début d'un travail de l'obstacle de la distribution par irrigation. La distribution par irrigation constitue un obstacle puisque c'est une idée qui persiste envers et contre (presque) tout²⁰, parce qu'elle est satisfaisante à certains égards²¹. C'est parce qu'avec cette intervention Maëva questionne l'évidence de l'irrigation que nous pensons qu'il s'agit d'une étape dans le travail de cet obstacle.

L'utilisation d'une négation par Sabrina (« *Ça fait pas un cycle* » en I24) souligne la seconde dissonance. Celle-ci atteste l'impossibilité du modèle de distribution du groupe 3 qui ne fait pas de cycle. Le déplacement de la construction de l'objet

¹⁹ Dans le cadre plus large de la nutrition, ces interventions contribuent à la construction du problème.

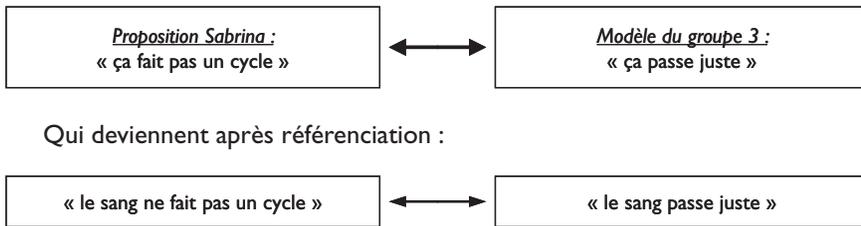
²⁰ « *Il (l'obstacle) témoigne plutôt d'un certain confort intellectuel que le sujet tend à préserver, car il lui est plus commode de penser les choses dans ces termes-là.* » (Peterfalvi, 2001, p. 35)

²¹ « *Par exemple, le sang, la sève s'écoulent comme l'eau. L'eau canalisée irrigue le sol ; le sang et la sève doivent irriguer eux aussi. C'est Aristote qui a assimilé la distribution du sang à partir du cœur et l'irrigation d'un jardin par des canaux. Et Galien ne pensait pas autrement. Mais irriguer le sol, c'est finalement se perdre dans le sol. Et c'est là exactement le principal obstacle à l'intelligence de la circulation.* » (Canguilhem, 2003, p. 26-27).

du discours permet à la problématisation de se développer. L'orientation du débat est favorisée par l'enseignant qui pose une question en « *pourquoi ?* ». Cette relance permet de poursuivre l'explicitation de la mise en relation critique par Benoît et Léa (126, 127) sous la forme « *il faut que ça fasse un cycle pour que le sang puisse s'en aller* ».

La reformulation de la contradiction par l'enseignant en 128 est inefficace car la double décontextualisation qu'il propose est brutale (opération inverse à celle réalisée par Léa en 127 : d'une part, le sang redevient celui qui subit une action et, d'autre part, un changement de monde s'effectue par glissement lexical : passage du monde quotidien (« *aller* ») au monde scientifique (« *renouveler* »)). La décontextualisation se traduit par un arrêt dans la dynamique du débat (129,130).

En 131, Maëva procède à deux opérations qui vont permettre à la problématisation de reprendre. Il s'agit, d'une part, d'une opération de recontextualisation du débat qui ramène la discussion au modèle du groupe 3. D'autre part, elle procède à une réduction de la dissonance (couplage hétéroglossique)²² entre des voix que nous avons entendues précédemment, la sienne, celle de Sabrina et celle de Léa²³. Tout d'abord, Maëva reprend la référenciation de Léa (127, « *Pour pouvoir que le sang s'en aille.* ») à propos d'un énoncé qu'elle a produit précédemment (122, « *Bah, non, ça passe juste.* »). Elle fait de même avec celui de Sabrina (124, « *Ça fait pas un cycle.* ») : « *ça* » → « *le sang* ». Ensuite, elle assure le couplage entre deux mises en relation critique :



La recontextualisation proposée permet d'obtenir « *le sang passe juste* » → « *le sang il arrive au muscle* ». Cette nouvelle mise en relation critique explicite la critique qu'elle formule au groupe 3 : « *mais il repart pas* ». Ici, Maëva tente de convaincre ses pairs de l'impossibilité qu'elle vient de soulever ; cette interprétation est renforcée par l'utilisation du « *donc* » en 135 qui vient souligner la cohérence logique de sa proposition.

22 Nous avons déjà observé ce type de comportement langagier de Maëva sur un autre moment de ce débat (Lhoste, 2005).

23 Nous pensons que les deux dénivellations en 135 (« *donc* ») et en 137 (« *ça* ») viennent renforcer l'interprétation que nous proposons d'un couplage hétéroglossique entre plusieurs voix dans le discours de Maëva.

Établir l'impossibilité d'une solution possible (celle du groupe 3), en l'occurrence l'impossibilité de la distribution par irrigation, est au « cœur de la *problématisation* » (Orange, 2003, p. 89). À ce point du débat, l'impossibilité de l'irrigation est établie mais aucune nécessité concernant la façon dont doit être assurée la distribution n'est établie.

La troisième reconstruction proposée par Maxime est moins dissonante que les deux premières puisque Maëva vient d'établir l'impossibilité du modèle de distribution par irrigation.

La double modalisation (« *Moi, je pense que...* ») concernant à la fois le sens du mot « penser » et l'accentuation due à la reprise du « *moi* » en « *je* » traduit une prise en charge énonciative forte. C'est pourquoi nous proposons que l'intervention 137 soit considérée comme une voix de plus dans le débat.

Cependant, Maxime reprend aussitôt les énoncés 131 et 135 de Maëva pour résoudre la contradiction qu'elle soulève : « *mais il repart pas* » → « *il faudrait qu'il y ait un retour du sang vers le cœur et du cœur vers l'estomac* ». Du point de vue de la problématisation, c'est bien cette orchestration de l'hétéroglossie qui permet d'accéder à la nécessité d'un « retour du sang ».

Aussitôt après l'établissement de cette nécessité, Maëva procède à un « couplage hétéroglossique » entre sa proposition (135) et celle de Maxime (137). Dans ce cas, la réduction de la dissonance se traduit par :

- un glissement lexical « *arriver* » → « *passer* » ;
- l'importation de la condition construire par Maxime (« *il faudrait un retour du sang* ») qui permet à Maëva de substituer « *rester* » à « *repartir* ».

Ce couplage explique l'intervention « *le sang il passe dans le muscle, mais il reste pas* » (140), construite exactement sur le même modèle que l'intervention 135 (« *le sang il arrive dans le muscle, mais il ne repart pas* »). Cela permet à Maëva de produire un énoncé qui respecte la condition formulée par Maxime. Ce mouvement d'extraction d'une nécessité construite pour en faire une condition sur les solutions possibles nous semble être un mouvement langagier qui marque un travail de conceptualisation.

La relance de l'enseignant « *en pourquoi ?* » en 143 permet d'explicitier l'impossibilité d'une distribution par irrigation. L'intervention fragmentaire de Maxime permet la décontextualisation qui va permettre à Benoît de conclure. La conclusion procède aussi d'une orchestration des voix de Maxime (144) et de Maëva (131) qui permet la formulation de la conséquence : si le sang s'accumule dans le muscle, celui-ci va finir par éclater. Du point de vue de la problématisation, c'est la deuxième fois que cette impossibilité est établie. À la différence de sa première occurrence, le raisonnement est explicité.

4.4. Discussion

L'observation de l'activité langagière des élèves nous a permis de comprendre comment, durant le débat, les élèves ont évolué d'un problème perçu à une mise en texte de la problématisation.

Dans l'étude que nous venons de mener, la construction de la nécessité d'une distribution par circulation repose sur l'impossibilité de la distribution par irrigation et la nécessité d'un retour sanguin.

D'un point de vue dynamique, l'orchestration de l'hétéroglossie et la problématisation se développent de façon synchrone, ce qui permet d'extraire la « *nécessité du retour sanguin* » pour en faire une condition de contrôle des solutions possibles. Ce mouvement d'abstraction est du même ordre que celui mis en évidence à propos d'autres nécessités dans ce même débat (Lhoste, 2005).

Ces résultats confortent les travaux de C. Orange (2005, p. 81) lorsqu'il indique que « *la problématisation scientifique est donc nécessairement liée à un travail langagier* ».

Ce synchronisme de l'orchestration de l'hétéroglossie et de la problématisation est un élément de plus qui viendrait renforcer la place des controverses dans la construction des savoirs scientifiques.

Notons qu'un deuxième élément qui a permis le développement de la problématisation concerne le double mouvement de décontextualisation \Leftrightarrow recontextualisation. À plusieurs reprises, c'est le changement de contexte qui permet à la problématisation de reprendre.

Nous avons analysé la façon dont la nécessité d'une distribution par circulation sanguine s'est construite devant la classe, par 5 élèves, principalement par Maéva et Maxime. Il reste à déterminer le devenir de cette nécessité dans la suite du débat. Cela devrait nous donner des informations pour savoir si cette problématisation mise en texte a pu être reconstruite par d'autres élèves.

5. La nécessité de distribution par circulation et son utilisation par les élèves dans la suite du débat

Pour suivre cette « *nécessité de distribution par circulation* », nous avons extrait du corpus les différents épisodes qui font référence au déplacement du sang.

5.1. La discussion de l'affiche du groupe 2

Juste après l'intervention en I45 l'enseignant demande à Kévin de comparer ce qui vient d'être dit avec l'affiche du groupe 2 :

I46 – Enseignant : (...) *Alors dites, Kévin, là (en montrant l'affiche 2) les flèches elles vont dans un seul sens ou dans les deux sens ?*

I47 – Kévin : *Dans les deux.*

I48 – Enseignant : *Ça fait un va et vient ?*

I49 – Kévin : *Bah oui.*

I50 – Enseignant : *Oui ?*

I51 – Kévin : *Oui.*

I52 – Enseignant : *Oui, alors là il y a effectivement un écart puisque ici on a un va et vient (en montrant affiche 2), alors qu'ici (en montrant affiche 3) ça va dans un seul sens. Là ça va dans un seul sens, c'est ça, parce que ça règle le problème, Maxime, si ça va en va et vient comme ils l'ont indiqué ici, ça règle le problème de la..., le sang, il part et il vient.*

I53 – Maxime : *On a appris ça il y a déjà longtemps que le sang, ça se passe pas comme ça. Il y a un circuit d'aller et de retour, c'est comme...*

En I47-I51, les interventions de l'enseignant, confirmée par Kévin, indiquent que dans ce modèle, « *les flèches (représentant le déplacement du sang) vont dans les deux sens. Ça fait un va-et-vient* ». Cette proposition permet de réduire la dissonance entre ce modèle et la « *nécessité de distribution par circulation* » en retenant seulement un des fondements de cette nécessité²⁴ (la « *nécessité d'un retour sanguin* »). En effet, le mouvement de va-et-vient du sang dans les tuyaux sanguins permet d'assurer le retour sanguin. Mais ce modèle ne respecte pas le second fondement de la « *nécessité de distribution par circulation* ». C'est ce qui pourrait provoquer la réaction de Maxime en I53 : « *Ça se passe pas comme ça* ».

²⁴ La nécessité d'une distribution par circulation s'appuie sur deux fondements : l'impossibilité d'une distribution par irrigation et la nécessité d'un retour sanguin.

5.2. Discussion de l’affiche du groupe 4

La schématisation du groupe 4 vient d’être négociée (187-193) et quelques interventions plus tard, Maëva²⁵ reprend la schématisation construite en 193. Elle est présentée dans le document 4.

Document 4. Reprise de la construction de la schématisation « nécessité d’une distribution » à partir de la présentation du groupe 4

N° intervention dans la transcription du débat et nom de la personne qui intervient	Intervention (les italiques, gras et soulignés doivent permettre de suivre certains fragments des interventions).	Qualification des opérations qui interviennent dans la construction et la négociation de la schématisation.
200 – Maëva :	Les aliments, ils sont broyés dans la bouche, mâchés, broyés, ensuite ils passent dans l’estomac, là il y a un tri, ce qui est gros et ce qui est mauvais, ça descend dans l’intestin grêle et c’est rejeté, et ce qui est petit et ce qui est meilleur, ça passe par le cœur, ça se mélange aux vaisseaux sanguins et après ça passe dans le muscle, ça fait un cycle.	
201 – Maxime :	Il est où le cycle ?	Critique concernant « ça fait un cycle » qui n’est pas représenté sur l’affiche.
202 – Léa :	On l’a pas fait le cycle.	
203 – Anthony :	Oui, mais ça revient par où ?	
204 – Maxime :	Y a un cycle	
205 – Maëva :	C’est le bleu en fait, mais on l’a pas fait (mais elle montre avec le doigt sur l’affiche un circuit fermé).	
206 – Maxime :	C’est pas la même veine en fait, on voit pas bien de loin, mais il y a deux circuits côte à côte.	Reprise modification de l’objet du discours : « cycle » – > « deux circuits côte à côte »
207 – Maëva :	Oui y a deux circuits.	
208 – Maxime :	D’accord.	
209 – Maëva :	On voit pas trop, mais	

La « nécessité de distribution par circulation » est convoquée par Maxime et Anthony pour évaluer l’affiche du groupe 4. Les élèves de ce groupe, Léa et Maëva, s’engagent alors dans une négociation de la schématisation (il y a un circuit que l’on n’a pas fait, mais qui existe quand même) pour que celle-ci soit recevable par les autres élèves de la classe.

²⁵ Maëva fait partie du groupe 4.

5.3. La construction de la schématisation du groupe 5

Le fragment que nous avons extrait du corpus et analysé dans le document 5 correspond à un passage de la construction de la schématisation du groupe 5.

Document 5. Reprise de la construction de la schématisation « nécessité d'une distribution » à partir de la présentation du groupe 5

304 – Enseignant :	Vous avez vu le circuit, qu'est-ce que vous en pensez, du circuit qu'ils proposent ?	
305 – Anne-Laure :	par contre, y a pas de... y a pas de retour	Critique d'Anne-Laure
306 – Enseignant :	Il n'y a pas de retour, alors il y en a un ou il n'y en a pas ?	
307 – Samuel : (en montrant l'affiche)	On n'a pas marqué la suite, mais...	Extension de l'objet du discours par ajout entre « ça passe par la paroi jusque dans les vaisseaux sanguins »
308 – Enseignant :	Alors, montrez-nous, comment ça pourrait faire la suite ?	« et puis, c'est conduit jusqu'au muscle » : « On n'a pas marqué la suite, mais... » (Samuel 307) puis
309 – Cindy :	<u>Ça fait un circuit dans le corps</u> quoi.	« Ça fait un circuit dans le corps quoi » (Cindy 309).
310 – Samuel :	En fait, y a un truc, un vaisseau sanguin qui récolte le sang qui n'a plus de nutriments et, en fait comme le cœur ça propulse le sang, ça fait un circuit.	
311 – Enseignant :	Ça fait un circuit...	
312 – Samuel :	Fermé.	Reprise modification de (307-309) : c'est un circuit qui est fermé .

Dans ce passage, il y a une utilisation de la « nécessité de distribution par circulation » pour contrôler les solutions proposées par les autres groupes.

Pour que la schématisation du groupe 5 soit recevable par les autres, elle a dû être mise en cohérence avec la nécessité d'une distribution par circulation, obligeant à la réduction de la dissonance des discours en présence, de la même façon que nous l'avons noté dans l'extrait précédent. Mais, dans ce cas, la négociation provoque une extension de la « nécessité d'une distribution par circuit fermé ». En effet, la rencontre entre cette nécessité et la « nécessité d'une pompe qui met le sang en mouvement » (en 310) permet à Samuel de construire la notion de « circuit fermé » qui précise encore davantage la « nécessité d'une distribution par circulation ».

5.4. Discussion

Les trois exemples examinés présentent un processus équivalent à celui décrit précédemment (4.4.), à savoir une propagation de la « nécessité de distribution par circulation sanguine ».

Les élèves²⁶ convoquent la nécessité construite (ce qui implique qu'ils l'ont identifiée comme telle) comme critère d'évaluation d'un autre modèle. Cette propagation de la nécessité, d'autant plus qu'elle s'articule avec d'autres (comme nous l'avons mis en évidence dans le dernier exemple), provoque une fermeture du problème qui va permettre de le résoudre. En fait, le modèle qui sera proposé par le groupe 6 est pratiquement recevable en l'état :

326 – Maxime : [...] *Donc, le sang bleu, c'est celui qui est pauvre en nutriments, un fois qu'il est passé tout autour de l'intestin grêle, il est riche en nutriments. Il repart dans le cœur, le cœur l'envoie dans le muscle et là, le muscle est lui aussi recouvert de capillaires et de vaisseaux sanguins. Donc là, les nutriments passent dans le muscle. Et donc le sang ressort du muscle pauvre, retourne dans le cœur et repart dans l'intestin grêle et ainsi de suite.*

Le fait pour la nécessité construite de devenir une condition qui contrôle les autres solutions possibles atteste de la dimension opératoire d'un concept, ce qui semble être le cas dans notre exemple.

Cela nous amène à penser qu'il s'agit là des traces du processus de conceptualisation. Pour mener plus loin notre étude, savoir ce qu'il en est pour les 18 autres élèves de la classe et avoir accès à ce qu'ils ont construit pendant le débat, il faudrait analyser les productions obtenues lors de l'évaluation finale du travail.

6. Conclusion

La double analyse menée sur le plan épistémique et langagier en démontre l'intérêt : elle permet d'avoir accès à la dynamique de la construction des nécessités comme à la propagation des nécessités construites à d'autres moments du débat. L'activité de problématisation à laquelle sont confrontés les élèves durant le débat scientifique en est éclairée.

À partir des contraintes théoriques et des nécessités sur les modèles relatives à la distribution du sang dans l'organisme, nous avons analysé, au plus près, la construction de la nécessité d'une distribution par circulation ; elle s'appuie sur deux fondements : l'impossibilité d'une distribution par irrigation et la nécessité d'un retour sanguin (que nous distinguons car un va-et-vient par un tuyau sanguin permettrait le retour sanguin sans respecter la première impossibilité).

À l'occasion de cette construction, nous avons identifié la trace d'une activité cognitive d'une élève confrontée à l'obstacle de la distribution par irrigation. Cette trace nous laisse à penser qu'à travers l'observation de l'activité langagière des

²⁶ 5 élèves participent à la construction de la nécessité et 4 autres élèves participent à la propagation de cette nécessité.

élèves, nous pourrions avoir des indications sur ce que Astolfi et Peterfalvi appellent le travail de l'obstacle (1997). Cela permettrait de réintroduire le problème de la rupture dans le cadre de la problématisation (Peterfalvi, 2005).

Ensuite, nous avons étudié la façon dont cette nécessité se propage dans le débat. Nous l'avons vue reprise par des élèves pour lui faire jouer le rôle de critère d'évaluation des modèles des autres groupes. Cette analyse rejoint celle déjà proposée pour d'autres nécessités dans ce débat (celle du tri et de la transformation) (Lhoste, 2005). Cela nous conduit à penser que cette nécessité a été stabilisée, c'est-à-dire qu'elle a acquis un degré de conceptualisation qui permet aux élèves de la considérer, effectivement, comme une contrainte forte sur les solutions possibles. Puisque cette nécessité a été intégrée au mode de raisonnement de l'élève, elle semblerait inscrite dans un processus de conceptualisation.

Il reste à évaluer la portée de cette problématisation mise en texte sur les élèves qui n'ont pas pris part au débat scientifique pour mieux comprendre la façon dont les élèves accèdent à des savoirs scientifiques.

Le développement de cette approche croisée sur d'autres débats permettra, à terme, une élucidation des situations d'enseignement/apprentissage, aidant ainsi le formateur et l'enseignant à mieux comprendre la construction du savoir scientifique par l'élève dans la classe. ■

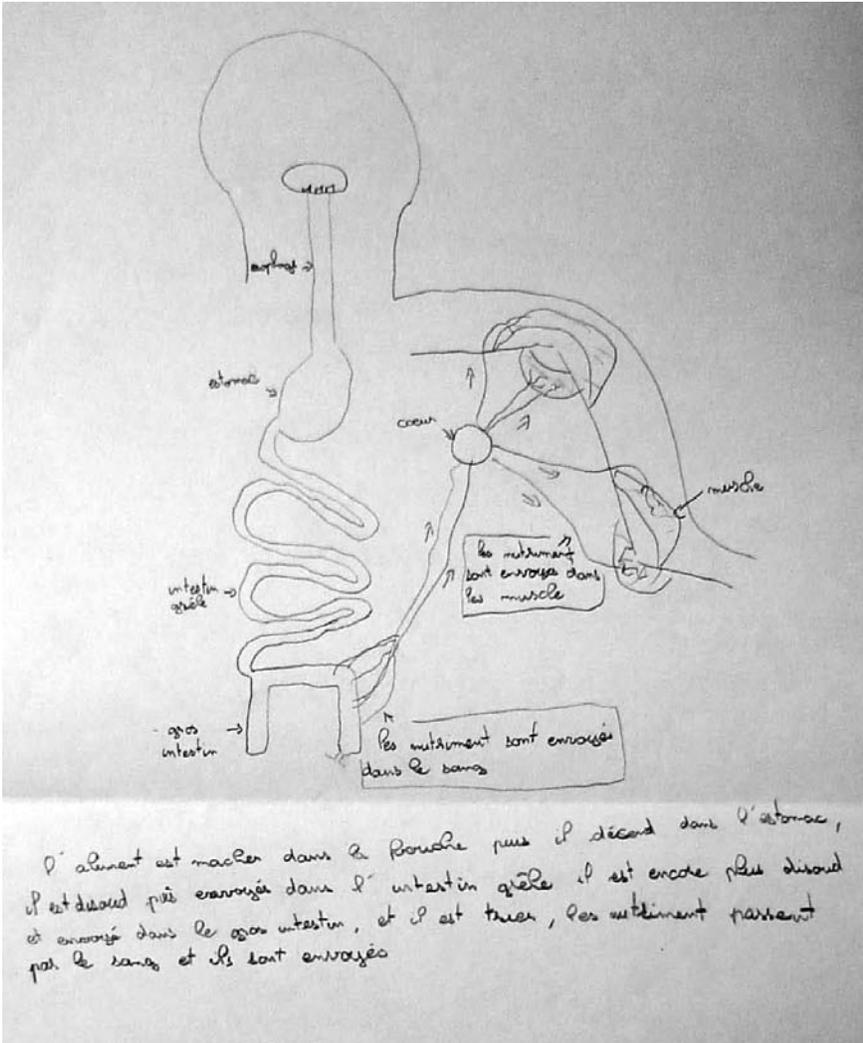
BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, n° 25, p. 193-216.
- BACHELARD G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique* [1938]. Paris : Vrin.
- BACHELARD G. (1998). *Le Rationalisme Appliqué* [1949]. Paris : PUF.
- BACHELARD S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre & M. Thellier. *Élaboration et justification des modèles*. Paris : Maloine, p. 3-19.
- BAKHTINE M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.
- BRONCKART J.-P. (1996). *Activité langagière, textes et discours*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- CANGUILHEM G. (2003). *La connaissance de la vie* [1965]. Paris : Vrin.
- DELEUZE G. (1969). *La logique du sens*. Paris : Les Éditions de Minuit.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, n° 24, p. 37-57.

- FABRE M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 4-5, p. 71-101.
- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- FABRE M. (2003). Bouvard et Pécuchet ou l'impuissance à problématiser. *Le Télémaque*, n° 24, p. 137-154.
- FABRE M. (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 3, p. 53-66.
- FILLON P., ORANGE C., PETERFALVI B., REBIÈRE M. & SCHNEEBERGER P. (2004). Argumentation et construction de connaissances en sciences. In J. Douaire (coord.). *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP, p. 203-247.
- FOUCAULT M. (1969). *L'archéologie du savoir*. Paris : Gallimard.
- GRIZE J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. Paris : PUF.
- GRIZE J.-B. (1997). *Logique et langage*. Paris : Ophrys.
- JACOB F. (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.
- JAUBERT M. & REBIÈRE M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, n° 31, p. 173-195.
- JAUBERT M. & REBIÈRE M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoir. *Aster*, n° 33, p. 81-110.
- KUHN T.S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.
- LHOSTE Y. (2004). *Problématisation et pratiques langagières lors du débat scientifique en SVT sur le thème de la nutrition au collège*, Mémoire de DEA en sciences de l'éducation et didactiques non publié, université de Nantes, Nantes.
- LHOSTE Y. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3^e sur le thème de la nutrition. *Aster*, n° 40, p. 153-176.
- MARTINAND J.-L. (dir.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- ORANGE C. (1993). Repères épistémologiques pour une didactique du problème. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 4-5, p. 33-49.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons : Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.

- ORANGE C. (2002). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 1, p. 25-41.
- ORANGE C. (2003). Débat scientifique dans la classe et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, n° 37, p. 83-107.
- ORANGE C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 3, p. 69-93.
- PETERFALVI B. (2001). *Obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations : l'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation non publiée, université de Rouen, Rouen.
- PETERFALVI B. (2005). *Travail sur les obstacles et problématisation, quels apports réciproques*. 73^e congrès de l'ACFAS, Chicoutimi, Québec, mai 2005.
- POPPER K.R. (1998). *La connaissance objective* [1991]. Paris : Flammarion.
- REBIÈRE M. (2000). *Langage, posture et cognition*. Thèse de doctorat non publiée, université de Bordeaux 2, Bordeaux.
- TOULMIN S. (1973). *L'explication scientifique*. Paris : Armand Colin.
- VYGOTSKI L. (1998). *Pensée et langage*. Paris : Éd. La dispute.
- WITTGENSTEIN L. (1987). *De la certitude* [1958]. Paris : Gallimard.

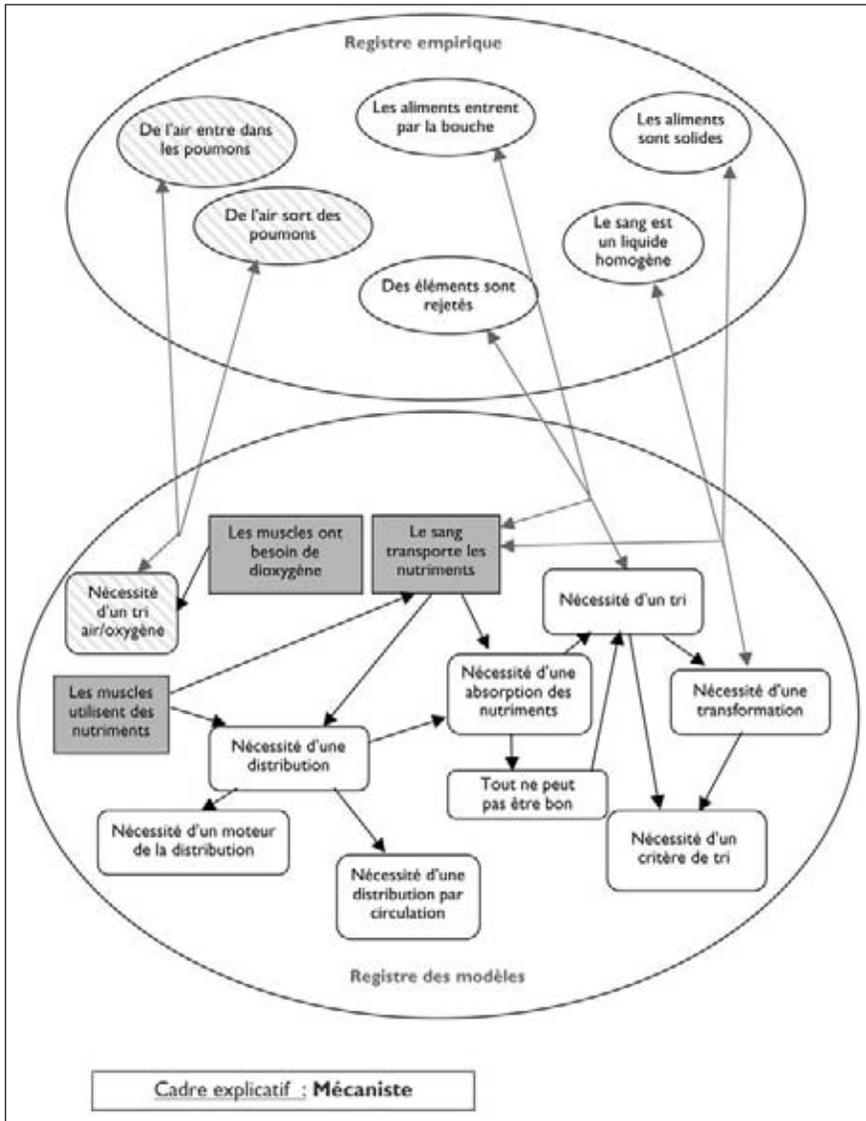
**ANNEXE I : Production individuelle de
Kévin (qui sera dans le groupe 2)**



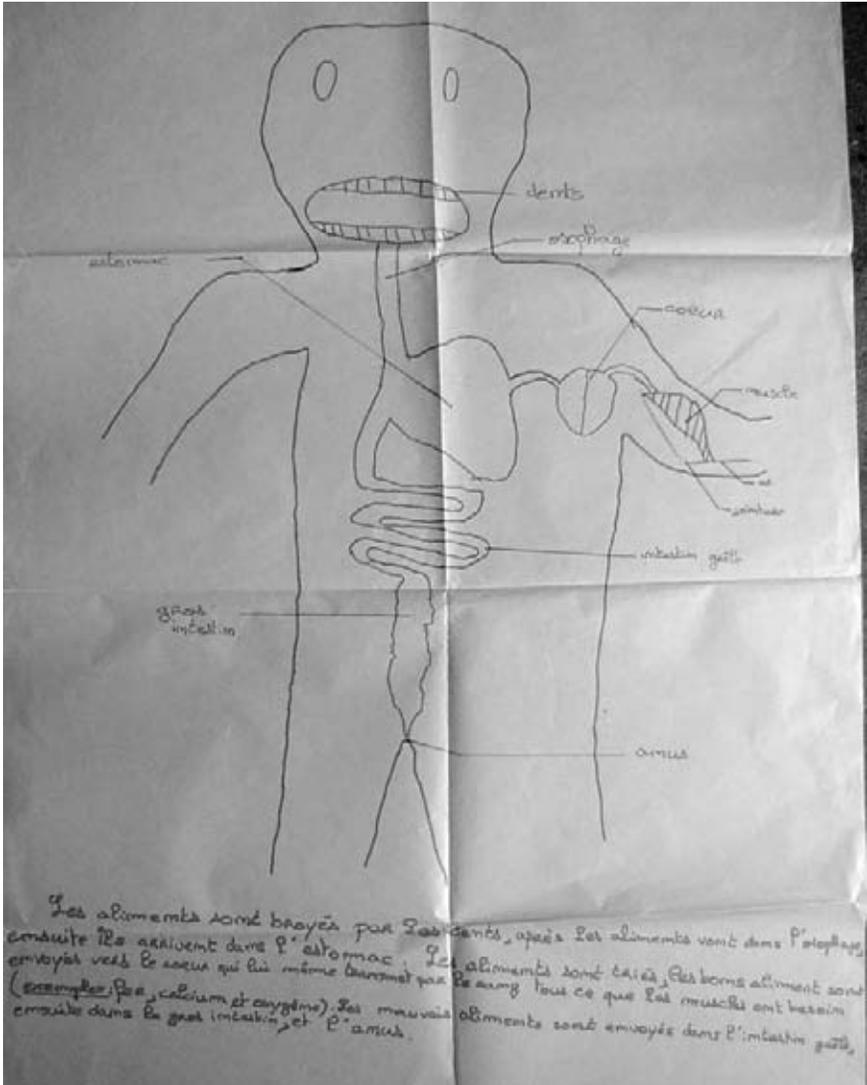
**ANNEXE 2 : « Idées » présentes dans
les productions individuelles et les affiches
de groupe en lien avec la circulation sanguine**

	Le sang transporte les nutriments.	Distribution (E : explicite)	Circuit clos	Cœur représenté (R) ou impliqué dans la distribution (I)
Angéline	X	X		
Angélique P	X	X		R
Benoît	X	X		
Anthony		X		
Groupe 1	X	X		R
Manuel	X	X		
Clément	X	X		R
Chloé		X E		
Stéphane	X	X		
Kévin	X	X		R
Groupe 2	X	X		R
Maxime Bil.	X	X		R
Florian	X	X ?		
Christopher		X ?		
Lolita		X ?		
Groupe 3	X	X		R et I
Camille	X	X		R et I
Angélique H.	X	X		R ?
Maëva	X	XE		R et I
Maud	X	X		R et I
Léa		X		
Groupe 4	X	XE		R et I ?
Jean-Luc	X	XE		R
Samuel	X	X		R et I
Anne-Laure	X	XE		
Cindy	X	XE		
Groupe 5	X	XE		R
Fabien	X	X	X	R
Paul		X	X	
Maxime Big.	X	X	X	R
Sabrina	X	X	X	R et I
Groupe 6	X	XE	X	R et I

ANNEXE 3 : Espace de contraintes en jeu dans un débat sur la nutrition en 3^e



ANNEXE 4 : Affiche du groupe 3



Les aliments sont broyés par les dents, après les aliments vont dans l'estomac, ensuite ils arrivent dans l'estomac. Les aliments sont digérés, les bons aliments sont envoyés vers le cœur qui lui-même leur envoie le sang. Les mauvais aliments sont envoyés dans le gros intestin, et l'amuse.

La respiration humaine au cycle 3

Problèmes construits et registres explicatifs mobilisés par les élèves dans le débat scientifique

Isabelle Ménard, Imarin@cario.fr ;

Véronique Pineau, legallois.pineau@wanadoo.fr ;

professeures des écoles, école de Saint-Romphaire, Saint-Romphaire (Manche)

Cet article propose des outils d'analyse de séquences d'enseignement sur la respiration dans deux classes, qui font une large place au débat scientifique. L'analyse des productions écrites en référence à une grille historique permet d'avancer quelques hypothèses sur les registres explicatifs mobilisés par les élèves. L'analyse des transcriptions des débats effectués conduit à la construction de plusieurs espaces de contraintes dans chaque classe, ce qui peut expliquer les difficultés rencontrées par les enseignantes pour amener les élèves vers une problématique commune proche des savoirs visés.

Au cycle 3 (enfants âgés de 8 à 10 ans), les instructions officielles prévoient l'étude des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).

Deux séquences sur la respiration ont été menées dans deux classes différentes, l'une en CE2 (élèves âgés de 8 à 9 ans), l'autre en CE2-CM1 (élèves âgés de 8 à 10 ans). Elles prennent en compte les explications initiales des élèves pour les faire évoluer grâce à une démarche qui fait intervenir le *débat scientifique* en référence aux travaux du CREN (Fabre & Orange, 1997 ; Fabre, 1999 ; Orange 2000). Dans ce cadre, l'évolution des conceptions de l'élève ne doit pas être uniquement un changement d'idées explicatives mais surtout le passage d'une connaissance commune à un savoir scientifique (Bachelard, 1938).

L'article que nous proposons est le produit d'un travail mené dans le cadre d'un groupe de formation-action (GFA) de l'IUFM de Basse-Normandie sous la direction de Françoise Beorchia. Il est le reflet des réflexions engagées dans le groupe et d'expériences menées dans deux classes sur le thème de la respiration. Les travaux conduits dans ce groupe visent à mieux comprendre la construction de ce concept par des élèves de cycle 3, dans des moments de *débat scientifique*. Ce sont les productions écrites des élèves obtenues lors de la première séance

et les transcriptions de ces débats qui sont analysées. À partir de ces productions, nous nous sommes interrogées sur la nature des registres explicatifs mobilisés par les élèves dans l'élaboration de leurs modèles.

I. Présentation de la séquence d'enseignement sur la respiration et du corpus de données

Après avoir travaillé sur la nutrition humaine¹, les deux classes ont été amenées par les enseignantes à s'interroger sur la respiration.

1.1. Phase 1 : questionnement sur la signification de la respiration

Lors d'une première étape² les questions suivantes ont été posées oralement aux élèves :

- « – *pourquoi respire-t-on ?* ;
- *à quoi ça sert de respirer ?* »

Ces questions engagent les élèves à réfléchir sur la signification biologique de la respiration dans le corps humain. Les réponses produites dans chaque classe sont présentées dans l'annexe I.

1.2. Phase 2 : production d'une explication sur les mécanismes de la respiration

Dans une deuxième étape, le questionnement a été différent dans les deux classes :

- dans la classe 1 : « *comment cela se passe-t-il dans notre corps quand on respire ?* » ;
- dans la classe 2 : « *comment l'oxygène permet-il aux muscles de fonctionner ?* ».

Ces questions incitent à la production d'une explication fonctionnelle. Dans la classe 1, la question retenue reste ouverte (elle laisse aux élèves le libre choix des divers rôles avancés dans l'étape précédente) alors que dans la classe 2, l'enseignante utilise des termes faisant référence à une explication dans un registre physico-chimique (cf. tableau I).

Cette étape aboutit à une production écrite individuelle comportant un schéma légendé et un texte.

1 Les problèmes de transformation, distribution et tri ont été discutés lors de débats. Une modélisation de la nutrition a été construite en tenant compte des solutions possibles envisagées par les élèves et des éléments d'information apportés par divers documents.

2 Les deux situations de questionnement se situent en début de séquence et vont permettre aux enseignantes de fixer les objectifs d'apprentissage et de préparer les séances suivantes. Elles ont donc statut d'évaluation diagnostique.

Ensuite, un travail en groupe homogène de conception est prévu à partir des mêmes questions. Les productions des groupes, sous forme d'affiches, dont certaines sont présentées à l'annexe 2, serviront de support au *débat scientifique*.

1.3. Phase 3 : le débat scientifique

Le *débat scientifique* se déroule lors d'une troisième étape. Chaque groupe présente sa production au tableau. Après chaque passage, un élève, extérieur au groupe, dicte le résumé et propose un schéma synthétique. Ces éléments sont notés par l'enseignante sous l'affiche (voir annexe 2). Les productions affichées en classe sont comparées. Les élèves mettent en évidence les ressemblances, les différences et discutent les différentes explications proposées.

1.4. Les données

Le corpus de données pour les deux classes comprend :

- dix affiches produites par les différents groupes, les résumés et les schémas correspondants (six sont présentés en annexe 2) ;
- deux scripts de débats scientifiques, le premier comportant 241 interventions et le second 143 interventions.

2. Problématique et analyses des données

À partir de ce corpus de données, nous allons tenter de comprendre quels registres explicatifs mobilisent des élèves, âgés de 8 à 10 ans, pour s'engager dans une explication sur le thème de la respiration. Dans un second temps et en lien avec ces registres explicatifs, nous montrerons quels sont les problèmes construits par ces élèves au cours de débats scientifiques.

2.1. Les registres explicatifs mobilisés par les élèves

Pour comprendre les explications des élèves sur la respiration humaine et leurs fondements, nous allons utiliser des outils issus d'analyses épistémologiques du concept de respiration. Ainsi plusieurs significations biologiques (plusieurs fonctions) de la respiration ont pu être répertoriées dans l'histoire du concept (Giordan, 1987 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997). Elles prennent sens dans des cadres explicatifs plus généraux que nous nommons registres explicatifs à la suite d'Orange (2000). Ces registres explicatifs définissent, à une période de l'histoire, les normes, les principes d'explication scientifique et délimitent aussi les faits retenus et les modèles possibles (Fabre, 1999).

Dans le cadre de cet article, il ne s'agit pas de mener une étude exhaustive de l'histoire du concept de respiration mais de dégager ses différentes significations au cours de l'histoire. À chacune de ces significations nous avons fait correspondre un registre explicatif.

Tableau 1. Relations entre registre explicatif et signification du concept de respiration dans l'histoire des sciences

Registre explicatif (règles d'explications)	Signification du concept de respiration
<p>Le vitalisme Dans l'Antiquité, la respiration est présentée comme un des critères de l'existence, la manifestation de la vie dans les poèmes homériques.</p>	<p>Galien (131-201) accorde plusieurs fonctions à la respiration. C'est le soufflet du forgeron qui entretient <i>la vie biologique</i>. Il ajoute aussi que l'air se mêle au sang et que la respiration <i>purge le corps</i>. Le système de Galien va perdurer jusqu'au ^{xvii}e siècle.</p>
<p>La pensée mécaniste Descartes (1637) dans son « Discours de la méthode » conçoit l'être vivant comme une machine.</p>	<p>L'idée des poumons comme soufflet. La théorie de la circulation de Harvey (1628) « <i>va suggérer des recherches et idées erronées [...] que les poumons sont une sorte de soufflet entretenant le mouvement continu du sang</i> » (Giordan, 1987).</p>
<p>Le vitalisme physico-chimique Il est défini par Cl. Bernard (1865) : « <i>Nous distinguons aujourd'hui trois ordres de propriétés manifestées dans les phénomènes des êtres vivants : propriétés physiques, propriétés chimiques et propriétés vitales... Cette dernière dénomination de propriétés vitales n'est, elle-même que provisoire ; car nous appelons vitales les propriétés organiques que nous n'avons encore pas pu réduire à des considérations physico-chimiques.</i> ».</p>	<p>Pour Claude Bernard (1867), la combustion ne se fait pas dans les poumons mais dans les divers tissus. L'oxygène est le comburant et le glucose, le combustible. La combustion est la source de la chaleur animale.</p>
<p>Vers la théorie cellulaire et le modèle actuel (physico-chimique)</p>	<p>Actuellement la respiration est décrite au niveau cellulaire comme une chaîne de réactions catalysées (mais cet aspect n'est pas abordé à l'école primaire).</p>

Les différentes réponses des élèves à la question préalable « à quoi ça sert de respirer ? », présentées en annexe 1, rejoignent parfois ceux de scientifiques à une époque donnée : « *l'air sert à vivre, l'air sert à envoyer le sang dans les veines, l'air sert à faire battre le cœur...* ». Les productions écrites (de la seconde étape) et certaines propositions des débats contiennent des propos similaires. En évitant un parallélisme étroit entre évolution historique des idées et conceptions des élèves, nous avons cherché à mettre en relation les propos des élèves et la signification du concept de respiration à différentes époques : cela nous a permis de mettre en évidence les registres explicatifs des élèves indiqués dans le tableau 2.

L'analyse de ce tableau nous conduit à relever deux éléments. Il existe une signification de la respiration récurrente chez les élèves que l'on ne retrouve pas dans l'histoire des sciences : « *l'air sert à faire battre le cœur* ».

De plus, dans les deux classes, on remarque la coexistence de trois registres explicatifs différents : mécanisme, vitalisme, vitalisme physico-chimique. Or, dans l'histoire des sciences, ces registres explicatifs, que l'on peut rapprocher de l'idée de paradigme de Kuhn (1983) ou de cadre épistémique de Piaget et Garcia (1983), sont incommensurables, ce qui impliquerait l'impossibilité de confronter des théories construites dans des registres explicatifs différents.

Tableau 2. Relations entre propos des élèves, significations du concept de respiration et registres explicatifs

Propos des élèves lors de la première étape	Significations du concept de respiration selon les scientifiques à différentes époques	Registres explicatifs
« l'air sert à vivre »	La respiration, c'est le soufflet du forgeron qui entretient la vie biologique ³ .	Le vitalisme
« l'air sert à laver les poumons »	La respiration purge le corps.	Le vitalisme
« l'air sert à envoyer le sang dans les veines »	Les poumons sont une sorte de soufflet entretenant le mouvement continu du sang.	La pensée mécaniste
« l'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner »	L'oxygène est le comburant de la combustion dans les divers tissus.	Le vitalisme « physico-chimique » ? ⁴
« l'air sert à faire battre le cœur »		La pensée mécaniste

Deux questions émergent de ces constats. Dans ces conditions, quels peuvent être les problèmes construits par les élèves au cours des débats ? En quoi cette coexistence de plusieurs registres explicatifs constitue une difficulté pour amener les élèves vers une problématique commune proche des savoirs visés⁵ ?

Nous tenterons de répondre à la première question à la section 2.2. et à la seconde, à la section 3.2.

2.2. Les problèmes construits par les élèves

• Catégorisation des propositions orales : vers les espaces de contraintes

Comme nous avons montré que les élèves d'une même classe sont dans des registres explicatifs différents, nous faisons l'hypothèse que les problèmes qu'ils pourront construire seront également différents puisque le registre explicatif définit non seulement les règles d'explication mais conditionne aussi les faits retenus et les modèles possibles (Beorchia, 2003). C'est pourquoi nous allons définir les problèmes construits par les élèves en fonction des registres explicatifs supposés mobilisés (ils ne sont, en effet, pas explicites mais inférés de notre grille historique et des significations du phénomène respiratoire que les élèves ont exprimé dans leurs réponses à la première question). Pour cela, nous avons utilisé la méthode d'analyse conçue par Orange (2000) et éprouvée par d'autres auteurs (Beorchia, 2005 ; Orange Ravachol, 2005 ; Lhoste, 2005). L'analyse de la transcription

3 Nous considérons cette proposition comme vitaliste, car même si le soufflet du forgeron intervient, ce n'est pas par une action mécanique (poussée) au sens cartésien du terme.

4 Nous qualifions ce vitalisme de « physico-chimique », en nous appuyant sur les précisions apportées par les élèves quant à l'utilisation de l'oxygène au niveau du muscle. Cependant que veut dire « énergie » pour les élèves ? Ce concept n'est pas construit à ce niveau de scolarité et le registre explicatif n'est donc pas équivalent à celui défini dans le tableau 1 en ce qui concerne les travaux de Cl. Bernard. Il nous a semblé important cependant de le distinguer à la fois d'un mécanisme pneumatique et des formes de vitalisme précédemment citées, comme une étape vers une explication physico-chimique.

5 À ce niveau, il est possible d'aller vers une explication de la respiration comportant la nécessité de distribution de l'air (oxygène) aux différents organes pour les nourrir.

des débats, en utilisant cette méthode, nous permet de classer les propos des élèves par rapport à deux registres : le registre empirique et le registre des modèles. Pour comprendre les problèmes construits par les élèves sur la respiration, nous les formaliserons par des « espaces de contraintes ». Ces derniers schématisent les mises en tension qui s'effectuent lors des débats entre les deux registres : « *L'identification explicite et une mise en tension des contraintes empiriques et des idées explicatives discutées. [...] Cela devrait conduire l'élève à développer des nécessités [...]. Ce processus correspond à ce que nous appelons la construction de raisons, que nous identifions à la problématisation.* » (Orange, 2000).

Nous allons illustrer, par des exemples de propositions d'élèves, les catégorisations auxquelles il convient de procéder pour construire des espaces de contraintes. Les propositions des élèves au cours des débats peuvent être classées en trois catégories.

Les propositions relevant uniquement du registre empirique (RE) correspondent à des propos d'élèves qui n'ont pas ou plus besoin d'être démontrés et qui sont partagés par tous les élèves qui mobilisent le même système explicatif. Elles renvoient aux faits observables directement ou indirectement⁶. Ce sont ces faits que les élèves cherchent à expliquer ou bien sur lesquels ils s'appuient dans leur explication. Il s'agit d'interventions qui sont de l'ordre des sensations (« *l'air rentre* »), d'interventions qui relèvent de leur vécu (« *il y a du sang partout dans tout le corps* ») ou d'une connaissance (« *le cœur fait circuler le sang* ») construite au cours d'une séquence précédente.

Les propositions relevant du registre du modèle (RM) sont celles où les élèves expliquent leur modèle. On peut les catégoriser de façon plus précise. Les propos qui relèvent uniquement de la description du modèle (« *L'air passe dans la bouche, après ça passe dans l'œsophage, après ça passe dans les poumons, dans le cœur.* ») sont classés en RMd. Les propos qui expliquent le fonctionnement du modèle (« *L'air, ça nettoie un peu les veines de sang* ») sont classés en RMf. Enfin les propos qui apportent des arguments pour contredire un autre modèle, mettant en évidence une controverse (« *Je suis pas d'accord que... l'air ça sert à envoyer le sang dans les veines... parce que le sang, il circule tout seul dans notre corps, y'a pas besoin de quelque chose.* »), sont classés en RMc. Dans le dernier exemple l'élève conteste l'existence d'un mécanisme pour faire circuler le sang.

Certaines propositions mettent en tension des propos relevant du registre empirique et du registre du modèle. Les propositions de ce type seront classées en RE-RM. Par exemple, dans la proposition suivante : « *Quand tu respire tu avales de l'air, l'air il va vite, il va vite dans le cœur pour le faire battre, tout cela ça se fait très rapidement.* », l'élément du registre empirique, « *l'air rentre* », s'articule avec un élément du registre du modèle, « *l'air sert à faire battre le cœur* ».

⁶ Ces faits ne sont pas donnés mais construits par les élèves.

Après avoir classé les propositions des élèves en RE, RMf, RMd, RMc, RE-RM, nous avons recherché celles qui pouvaient contenir explicitement ou implicitement des contraintes empiriques et nécessités portant sur les modèles. En effet, dans les moments de *débat scientifique*, il ne s'agit pas seulement de trouver des solutions aux questions que l'on se pose (proposer des trajets possibles pour l'air après son entrée dans les poumons, par exemple, ce qu'indiquent les propositions de type RMf ou RMd) mais de déterminer le caractère de nécessité des propositions en jeu. Ce qui est important, c'est de savoir pourquoi il est nécessaire que l'air aille dans le cœur, ou encore partout dans le corps (nécessité sur les modèles que l'on peut voir émerger dans les propositions de type RMc ou RE-RM) et pourquoi cela ne peut être autrement en fonction des contraintes empiriques prises en compte dans un registre explicatif donné (Orange, 2005). Reprenons l'exemple ci-dessus, « *Quand tu respires tu avales de l'air, l'air il va vite, il va vite dans le cœur pour le faire battre, tout cela ça se fait très rapidement.* » (transcription du débat classe 2). Dans cette proposition de type RE-RM, apparaît la nécessité (implicite) d'une distribution de l'air vers le cœur (*il faut que l'air aille dans le cœur*) qui s'articule avec la contrainte empirique (l'air rentre) et la signification (pour qu'il batte) de la respiration dans un registre explicatif mécaniste. Cette nécessité apparaîtra explicitement dans le débat dans les propos d'Aurélien : « *si l'air n'allait pas dans le cœur, il pourrait pas battre* ».

Les différentes contraintes empiriques et les nécessités sur le modèle ont ensuite été regroupées en fonction des significations exprimées lors du débat de façon à pouvoir schématiser les mises en relation effectuées sous la forme d'espaces de contraintes.

• Les « espaces de contraintes » construits pour la classe I

Dans la classe I, les discussions ont porté sur plusieurs questions comme le trajet de l'air (où va-t-il ? dans quel tuyau ?), le rôle de l'air (par rapport au cœur, au sang, aux différents organes) et la nature de l'air.

Les arguments développés à la question « *Comment cela se passe-t-il dans notre corps quand on respire ?* » renvoient à des significations différentes : « *l'air sert à faire battre le cœur* », « *l'air sert à fournir de l'énergie aux muscles* », « *l'air nettoie* », « *respirer c'est faire entrer et faire sortir l'air des poumons* » et à des registres explicatifs différents (mécaniste, vitaliste, vitaliste physico-chimique).

Le tableau 3 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « *respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps* » dans un registre explicatif mécaniste.

Tableau 3. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations d'élèves se rattachant à la signification « respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves ou de l'enseignante ⁷	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
I – Mathilde : l'air passe dans la bouche, après ça passe dans l'œsophage, après, ça passe dans les poumons, dans le cœur. I0 – Mathilde : dans le cœur et ça va dans les veines de sang pour passer le sang dans le corps, c'est ce qu'on a écrit.	RE-RM	CE : entrée d'air. Signification : l'air sert à pousser le sang dans le corps. CM : nécessité d'un mécanisme pour que le sang aille dans tout le corps.
96 – Ronan : comme on voit dans les émissions « Urgence », des trucs comme ça, on voit toujours les poumons dans la radio, les poumons quand ils battent, et ça se remplit, plus c'est gros et plus ça se dégonfle.	RE-RM	CE : les poumons gonflent et se dégonflent.
I14 – M : Et ils disaient que comme ça, ça envoyait le sang dans tout le corps. Pourquoi vous êtes d'accord, pourquoi vous n'êtes pas d'accord ? I15-Vincent : que ça va dans le corps, je suis d'accord.	RE-RM	CE : il y a du sang dans le corps.
I18 – Ronan : ils disaient que le cœur battait et que l'air s'envoie avec. Que l'air soit envoyé avec le sang, et bien moi, je suis pas d'accord, parce que l'air, elle ne fonctionnerait plus... Elle ne se transformerait... elle irait s'enfoncer dans le sang.	RMc	CM : nécessité que l'air ne se mélange pas au sang et qu'il reste « de l'air ». CE : l'air est différent du liquide, pas de mélange possible.
I38 – François : oui, mais dès qu'on ouvre la bouche ça rentre	RE	CE : entrée d'air.
I19 – Flavien : moi aussi, si on arrête de respirer, le cœur il arrêterait. I20 – M : Pourquoi le cœur il arrêterait ? I21 – Flavien : parce qu'ils disent que si on respire, le cœur il bat. Et ben, moi je suis pas d'accord parce que quand on arrête de respirer, le cœur il arrête pas encore, il arrête pas.	RM-RE (controverse sur la relation entre respiration et battements du cœur)	CE : le cœur bat. CE : entrée d'air. CM : nécessité d'un mécanisme ⁸ pour faire battre le cœur (le lien entre respiration et battements du cœur est contesté par Flavien).
220 – Flavien : le cœur, il bouge.	RE	CE : le cœur bat ⁹ .
236 – M : c'est grâce au cœur que quoi ? 237 – Benjamin S : que le sang va dans les veines.	RE-RM	CE : il y a du sang dans le corps.

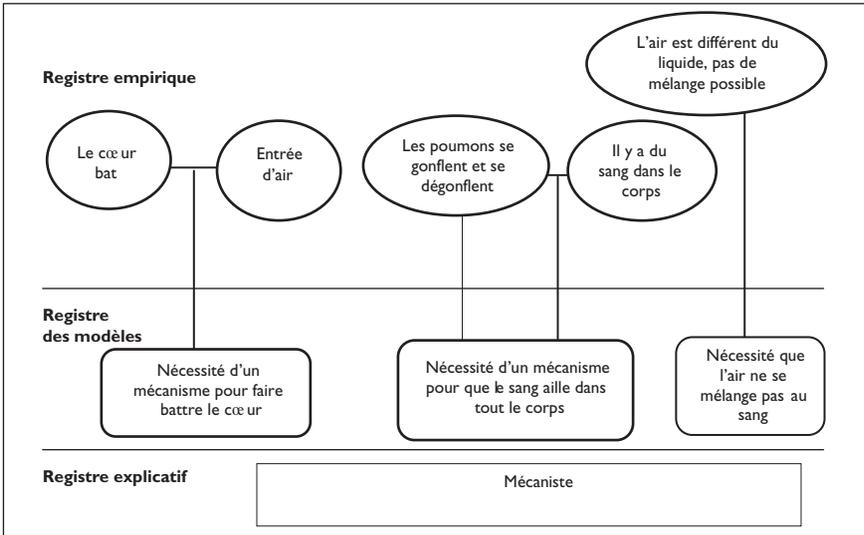
Le document I représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air sert à faire battre le cœur ».

7 Les propositions de l'enseignante sont notées quand elles permettent de mieux saisir les explications des élèves.

8 La proposition de Flavien (I21) pointe la nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur indépendant de la respiration.

9 Dans le contexte de la classe, « bouger » signifie « battre ».

Document 1. Espace de contraintes I référencé à la signification « respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps »



Ce problème, discuté par six élèves, s'est construit en grande partie dans la discussion autour de la production du groupe 1 (propositions 1, 10) mais elle est reprise plus tard à propos de l'affiche du groupe 5 (propositions 220, 235). Il est centré sur les relations entre respiration (entendue comme ventilation pulmonaire) et fonctionnement cardiaque.

Tableau 4. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « respirer sert à fabriquer l'air extérieur » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves au cours du débat	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
12 – Ronan : L'air venait du poumon et après, ça va... ça sort par le nez et la bouche. 13 – Marine : ou la bouche. 14 – Ronan : ou la bouche, on a écrit et la bouche. 15 – M : Bon, l'air part du poumon, on avait même dit que c'était le poumon qui le fabriquait, ça va dans l'œsophage, dans le nez, dans la bouche et puis ça sort.	RE-RM	CE : l'air sort.
96 – Ronan : comme on voit dans les émissions « urgence », des trucs comme ça, on voit toujours les poumons dans la radio, les poumons quand ils battent, et ça se remplit, plus c'est gros et plus ça se dégonfle	RE	CE : les poumons se dégonflent.

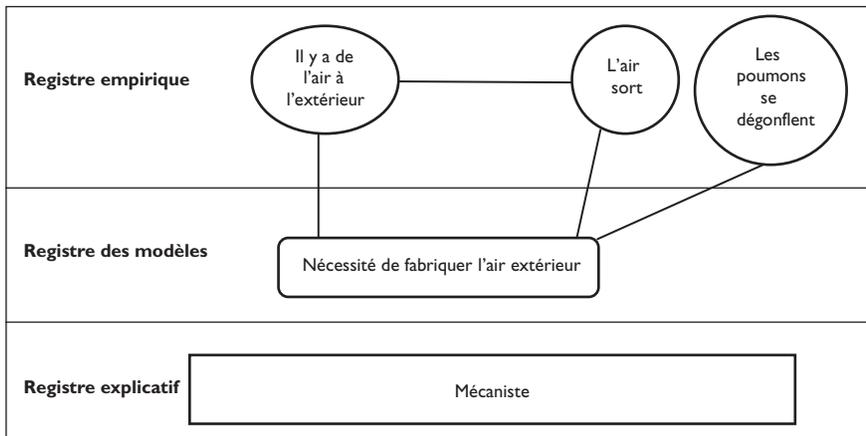
124 – M : Dessin numéro deux. C'est l'air qui part des poumons et qui ressort, en passant par l'œsophage.	RE-RM	CE : l'air sort.
128 – François : ben non, l'air y'en a partout heureusement.	RE	CE : il y a de l'air à l'extérieur.
133 – Ronan : François disait que les poumons ne fabriquaient pas l'air, mais l'air, elle vient de tout le monde. Par exemple dans la classe, l'air elle vient de nous.	RE-RM	CM : nécessité de fabriquer l'air extérieur ¹⁰ .

Le tableau 4 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « respirer sert à fabriquer l'air extérieur » dans un registre explicatif mécaniste.

Le document 2 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « les poumons servent à fabriquer l'air extérieur ».

Document 2. Espace de contraintes 2 référé à la signification

« les poumons servent à fabriquer l'air extérieur »



Le problème construit ici ne se réfère qu'à de l'air qui sort des poumons. L'air est donc fabriqué par les poumons. Nous avons considéré que ce modèle (bien défendu par Ronan) s'inscrivait dans un registre explicatif mécaniste, en fonction des contraintes empiriques construites (elles mettent en relation les mouvements de l'air et les variations de volume des poumons). Ce modèle sera contesté lors du débat par le reste de la classe qui construit une ébauche de fonctionnement de la ventilation pulmonaire en mobilisant un registre explicatif mécaniste. Les propos de Marine en 130 : « que l'air ne peut pas venir des poumons parce que quand on respire, on inspire, et puis l'air ressort après » traduisent bien l'idée d'une entrée et une sortie d'air.

¹⁰ La nécessité n'est pas explicite : nous pensons que Ronan s'est construit un modèle à partir des contraintes empiriques (il y a de l'air à l'extérieur ; on expire : l'air sort).

Le tableau 5 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air (l'oxygène) est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner » dans un registre explicatif vitaliste physico-chimique.

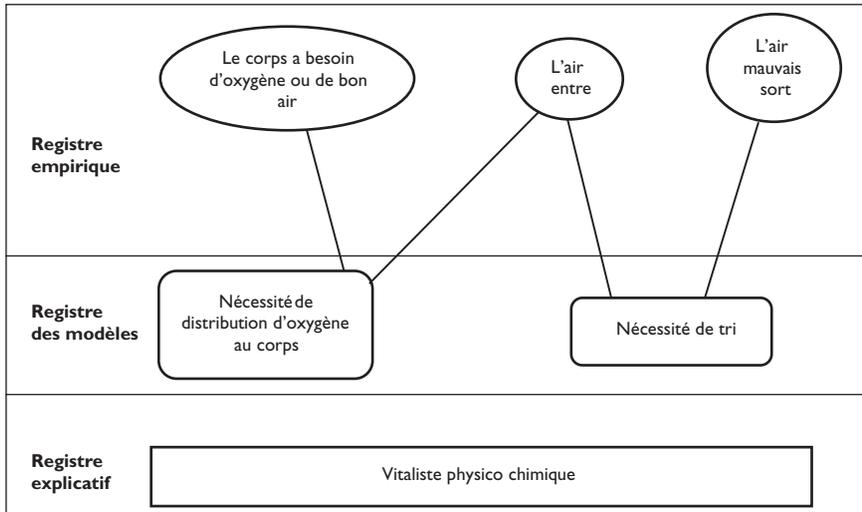
Tableau 5. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air (l'oxygène) est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner » dans un registre explicatif vitaliste physico-chimique

Propositions d'élèves au cours du débat	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
25 – Estelle : ben, au cinquième, l'oxygène, elle passe par la bouche... et la bouche... ils n'ont pas parlé du nez, ça va dans l'oesophage. L'air va... ça va dans les poumons. Le sang... euh puis... ça va... je sais pas. 26 – Mathilde : ça va dans le sang. 27 – Estelle : ça va dans le sang et puis ça va partout dans le corps.	RE-RM	CE : l'air (l'oxygène) entre. CE : le corps a besoin d'oxygène (non explicite).
178 – Flavien : les veines ça sert à quelque chose pour l'oxygène parce que, quand ça arrive, on respire.	RMc	CM : nécessité de distribution
180 – Flavien : quand on aspire, l'air arrive dans nos poumons. Alors, ça doit bien servir à quelque chose. Après, il le rejette. Alors ça sert à rien si ça fait que ça.	RE-RM	CE : entrée d'air. CM : nécessité de distribution
181 – Marine : y'en a une partie qui reste et y'en a une partie qui sort. 182 – Marine : c'est comme la nourriture, y'en a une partie qui va dans le sang, une partie... disons, qui reste là. Ben là, ça ferait un peu la même chose. L'air qui est bon pour notre corps, il reste, celui qui est mauvais, il ressort.	RE-RM	CE : entrée d'air et sortie de mauvais air. CM : nécessité de tri (elle est construite par Marine par analogie avec la nourriture).

Le document 3 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner ».

Document 3. Espace de contraintes 3 référé à la signification

« l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner »



Les contraintes et nécessités que nous avons essayées de pointer ici sont construites par peu d'élèves. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer. Tout d'abord, la production du groupe 5, support de la discussion, a été élaborée par un seul élève (voir annexe 2). Ensuite, l'appropriation de cette explication par les autres élèves de la classe est, sans aucun doute, peu avancée car la distinction apportée entre air et oxygène par cet élève n'est pas du tout reprise par les autres dans les échanges qui suivent. Enfin les connaissances construites au cours de la séquence précédente sur la nutrition, en particulier la distribution par un circuit sanguin clos, ne sont pas encore stabilisées.

• Les espaces de contraintes construits pour la classe 2

Dans la classe 2, le débat s'engage sur les questions suivantes :

« Professeur : de quoi les muscles ont-ils besoin pour fabriquer leur énergie ?
 Élèves : des nutriments et d'oxygène.
 Professeur : d'où vient l'oxygène ?
 Élèves : de la respiration. »

Dans ce cas, la réponse retenue est alors la suivante : « Tous les muscles ont besoin d'oxygène pour fonctionner. ». À partir de là, le débat s'est centré sur deux points différents, la question du tri (et secondairement la question de la distribution) dans un registre explicatif que nous qualifions de vitaliste physico-chimique et celle du fonctionnement cardiaque dans un registre explicatif mécaniste.

Le tableau 6 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air fait fonctionner les muscles » dans un registre explicatif physico-chimique.

Tableau 6. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air fait fonctionner les muscles » dans un registre explicatif physico-chimique

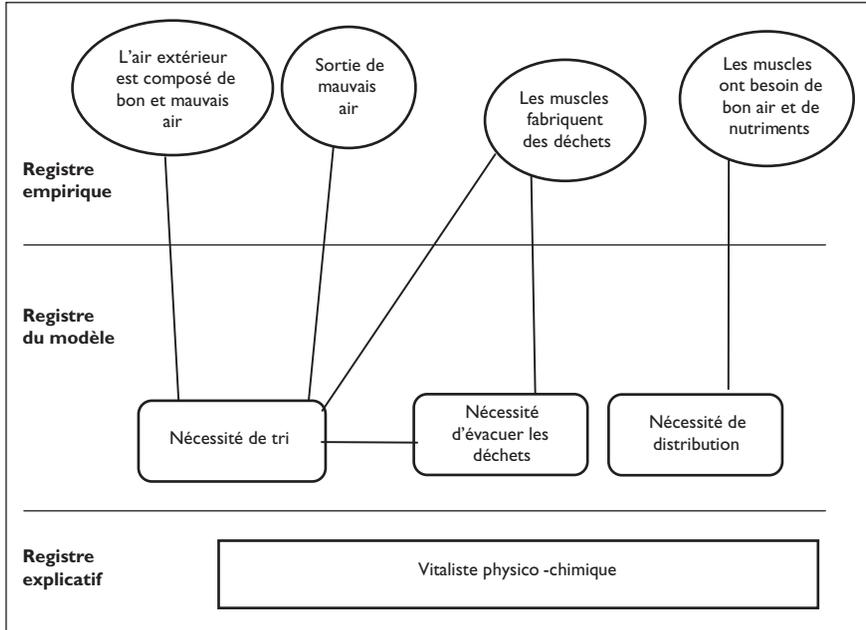
Propositions d'élèves ou de l'enseignante	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
11 – Clémence : le mauvais air, est-ce qu'il ressort par la bouche ou est-ce qu'il sort par l'urine ?	RE-RM	CE : sortie de mauvais air.
12 – Eliaz : non le mauvais air il ne ressort pas quand on souffle sinon il n'y aurait plus que du mauvais air, si il y a que du mauvais air que tu recraches il y aura plus que du mauvais air.	RE-RM	CE (implicite) : l'air extérieur est composé de bon air et de mauvais air.
72 – Manon : le bon air se mélange avec les muscles et après il fabrique le mauvais air.	RE-RM	CE : les muscles fabriquent les déchets ¹¹ .
82 – Josselin : ça m'embête un peu parce que si le bon air est dans le sang et que le mauvais air sort sous forme d'urine comme ça va dans le sang ça risque de se mélanger.	RMc	CM : nécessité de tri (bon air/déchets des muscles).
90 – Michel : mais comment les nutriments c'est plus gros que l'air, l'air c'est invisible les nutriments c'est des tout petits morceaux, l'air est encore plus petit, on peut pas la voir elle est invisible elle peut passer dans le sang, ça pourrait rester dans le sang le mauvais air.	RMc	CM : nécessité de tri (bon/mauvais air). CM : nécessité d'évacuer des déchets (implicite : nécessité d'évacuer le mauvais air). CM : nécessité d'un mécanisme spécial, différent de celui du tri de la nourriture.
91 – M : tu as peur que ça ne soit pas trié au niveau des reins et que le mauvais air reste dans le sang mais le fait que ce soit le sang qui amène l'oxygène vers les muscles c'est possible ou c'est pas possible ? 92 – Eliaz : moi ça me pose pas... de moi parce que comme le bon air il va dans le cœur et ben après ça va aller dans les muscles il va éjecter le bon air et le mauvais air et après le sang il peut peut-être passer dans les muscles et apporter les nutriments après le sang tout seul prendre les déchets que rejette l'estomac et l'amener sous forme d'urine ou sous forme de selles.	RE-RM	CE : les muscles ont besoin de bon air et de nutriments ¹² . CM : nécessité de distribution. CM : nécessité d'évacuer les déchets.
125 – E : il y a un tuyau qui part du centre de tri et qui va au cœur c'est du bon air.	RMc	CM : nécessité de distribution.

Le document 4 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air fait fonctionner les muscles ».

¹¹ Cette proposition est classée comme contrainte empirique (CE) car elle renvoie à des connaissances construites dans la séquence précédente sur la nutrition.

¹² Idem.

**Document 4. Espace de contraintes 4 référencé
à la signification « l'air fait fonctionner les muscles »**



Deux nécessités (probablement déjà ébauchées dans la séquence précédente sur la nutrition) sont reconstruites par les élèves, celle de tri et celle de distribution. Dans le cas présent, des tris doivent se faire entre le bon air et le mauvais air présent à l'extérieur et entrant dans le corps et le mauvais air fabriqué par les muscles. Les termes d'oxygène et de gaz carbonique utilisés dans les productions écrites n'apparaissent pas ou peu dans le débat. Des difficultés apparaissent en ce qui concerne ces tris (90) et (92) : Comment peuvent-ils se faire sur une matière invisible comme l'air ? Par quelle voie est rejeté le mauvais air issu des déchets des muscles ? (poumons ou urine)

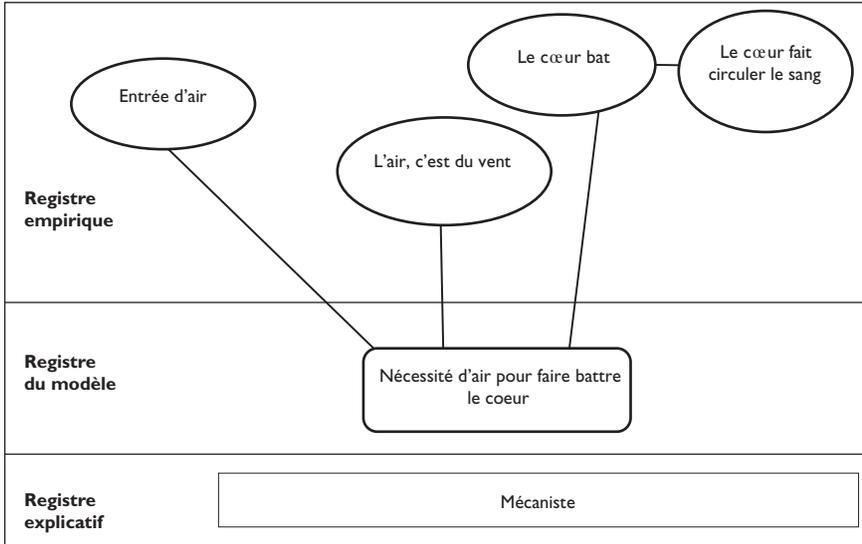
Le tableau 7 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air sert à faire battre le cœur » dans un registre explicatif mécaniste.

Tableau 7. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air sert à faire battre le cœur » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves ou de l'enseignante	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
103 – Aurélien : si l'air n'allait pas dans le cœur il pourrait pas battre.	RMc	CM : nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur.
105 – Eliaz : parce que une pompe ça a besoin d'air pour fonctionner et comme le cœur il marche un peu comme une pompe le cœur aussi a besoin d'air.	RE-RM	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
106 – M : c'est comme le moulin ça a besoin d'air pour tourner. 107 – Elèves : oui.	RE – RM	CE : l'air, c'est du vent. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
108 – Eliaz : quand tu inspires tu avales de l'air l'air il va vite il va vite dans le cœur pour le faire battre tout cela ça se fait très rapidement.	RE – RM	CE : entrée d'air. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
133 – Marie : comme le sang arrive au cœur donc l'air fait battre le cœur et le cœur envoie le sang.	RMc	CE : le cœur fait « circuler » le sang. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
134 – Florent : le cœur peut peut-être garder un peu d'air.	RMc	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
135 – Eliaz : et si tu t'arrêtes trop longtemps de pas respirer le sang va prendre tout l'air qui est dans le cœur donc le cœur il aura plus d'air pour battre et il s'arrêtera.	RMc	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur. CE implicite : entrée d'air.
141 – E : c'est l'air qui fait battre le cœur. 143 – Michel : à côté du cœur il y aurait une poche.	RE – RM	CE : entrée d'air. CE : le cœur bat. CM implicite : nécessité d'air pour faire battre le cœur.

Le document 5 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air sert à faire battre le cœur ».

**Document 5. Espace de contraintes 5 référé
à la signification « l'air sert à faire battre le cœur »**



Le débat qui était orienté au départ sur la question du tri, (voir tableau 6) s'est centré dans un second temps sur le mécanisme du fonctionnement cardiaque (voir tableau 7). Cependant, certaines interventions de l'enseignant ou des élèves indiquent des relations entre les deux significations (les muscles ont besoin d'oxygène pour fabriquer l'énergie et l'air sert à faire battre le cœur).

« 109 – M : *qu'est-ce que vous en pensez de cela : l'oxygène irait donner de l'énergie aux muscles mais l'air servirait aussi à faire battre le cœur. Ca vous semble possible ça ?*
 110 – Élèves : *oui*
 137 – Eliaz : *c'est le cœur qui prend de l'air une partie pour battre et une autre partie c'est le sang qui la prend (nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur et nécessité de distribution de l'air).* »

Les deux significations ne leur apparaissent pas contradictoires et les élèves s'inscrivent dans deux espaces de contraintes (4 et 5) au cours du débat.

Après avoir défini les différents problèmes construits par les élèves, nous allons essayer de les comparer, de les remettre en lien avec les significations et les situations construites dans les deux classes.

3. Discussion

3.1. Comparaison des différents problèmes construits par les élèves en lien avec les significations

Dans un même registre explicatif mécaniste, on trouve trois significations différentes :

- l'air sert à faire battre le cœur (espaces de contrainte 1 et 5) ;
- l'air sert à pousser le sang dans le corps (espace de contrainte 1) ;
- respirer sert à fabriquer l'air extérieur (espace de contrainte 2).

Pour la signification « l'air sert à faire battre le cœur », on note les mêmes contraintes empiriques dans les espaces 1 (classe 1) et 5 (classe 2) : entrée d'air, l'air c'est du vent, le cœur bat, ainsi que la nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur.

Cette association, fréquente chez les élèves, de la ventilation et du fonctionnement cardiaque empêche, certains d'entre eux, d'accéder au concept de respiration dans sa signification actuelle (comme processus de nutrition).

Dans le registre vitaliste physico-chimique, la signification « l'air sert à faire fonctionner les muscles » voisine de « l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner », on note des contraintes empiriques communes avec quelques nuances :

- l'air (l'oxygène) entre (classe 1) ou le bon air entre (classe 2) ;
- le corps (classe 1) a besoin d'oxygène (non explicite) ou les muscles ont besoin de bon air et de nutriments (classe 2) ;
- l'air mauvais sort (classe 1) ou sortie de mauvais air (classe 2).

Auxquelles on peut ajouter dans la classe 2 :

- l'air extérieur est composé de bon et mauvais air ;
- les muscles ont besoin de bon air et de nutriments ;
- les muscles fabriquent des déchets.

Il apparaît que dans la classe 2, les mises en tension entre les contraintes empiriques construites et les nécessités de distribution, de tri et d'évacuation des déchets font état d'un avancement plus important de la problématisation sur le concept de respiration que dans la classe 1.

Cela peut s'expliquer par une différence dans les niveaux de classe et/ou par les relations entre problématisation et registre explicatif que nous allons discuter dans la section suivante, ainsi que par les différences entre les deux situations lors de la première phase du dispositif.

3.2. Problématisation et registre explicatif

On peut noter que quelques élèves arrivent à faire fonctionner un modèle explicatif construit sur une signification différente de la leur pour la critiquer. Par exemple, le groupe 2 (classe 1) pense que les poumons fabriquent l'air extérieur, tandis que le groupe 1 (classe 1) explique que l'air sert à envoyer le sang dans le corps. Ronan, qui fait partie du groupe 2 (l'air extérieur est fabriqué par les poumons), contredit le groupe 1 qui pense que l'air sert à envoyer le sang dans le corps : « *Ils disaient que le cœur battait et que l'air s'envoie avec. Que l'air soit envoyé avec le sang, et bien moi, je suis pas d'accord, parce que l'air, elle ne fonctionnerait plus... Elle ne se transformerait... elle irait s'enfoncer dans le sang* ».

Dans la classe 2, il existe deux registres explicatifs (vitaliste physico-chimique et mécaniste) et deux significations (l'air sert à faire battre le cœur dans un registre explicatif mécaniste, l'oxygène sert à fabriquer l'énergie pour les muscles dans un registre explicatif physico-chimique). Dans la classe 1, il existe deux registres explicatifs (vitaliste physico-chimique et mécaniste¹³) et trois significations (l'air sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans un registre explicatif mécaniste, respirer sert à fabriquer l'air extérieur, dans un registre mécaniste et l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner, dans un registre vitaliste physico-chimique). De plus, à la fin du débat de la classe 1, un élève reprend la signification « l'air sert à nettoyer le corps » apparue lors du recueil collectif des significations de la respiration. Cette signification n'a pas eu le temps d'être débattue. Il nous semble que la multiplicité des significations gêne la gestion du débat. Il est plus difficile pour les élèves de comprendre les contraintes et les nécessités de chaque modèle.

Orange (2000, p. 98-100 ; 2002, p. 35-36) avance l'hypothèse que les élèves doivent être sur le même registre explicatif pour créer les conditions de possibilité d'un débat scientifique problématisant (la quantification des interventions porteuses de contraintes et nécessités permet de s'en faire une idée). Au vu des résultats présentés dans le tableau 8, il nous semble que le débat est plus problématisant quand les élèves sont sur la même signification, même si, comme nous l'avons précisé au début de ce paragraphe, quelques élèves sont capables de comprendre une signification différente de celle de leur modèle et de la critiquer.

Tableau 8. Nombre d'interventions porteuses de contraintes dans les deux classes

	Nombre de propos relevant du RE-RM	Nombre de propos relevant de RMc
Classe 1	11	9
Classe 2	6	19

Ainsi les interventions de type RMc sont plus nombreuses au cours du débat de la classe 2, alors que les significations de la respiration sont moins nombreuses.

¹³ Nous n'en avons exploré que deux dans l'analyse du débat : mécaniste et vitaliste physico-chimique.

L'argumentation développée dans la classe 2 est donc plus importante, ce qui laisse supposer une identification et une appropriation plus aisées des différents modèles proposés et un débat plus problématisant.

3.3. Effet des situations de départ sur le développement de la problématisation

Dans la classe 2, l'enseignante a décidé de sélectionner uniquement la proposition relevant du registre physico-chimique en émettant l'hypothèse que pour obtenir un débat problématisant, les élèves doivent partager le même registre explicatif (ce qui se traduit par la construction de contraintes et nécessités identiques). Un choix similaire avait été fait lors de l'étude de la nutrition dans cette classe. L'enseignante avait retenu la signification (« *manger sert à donner des forces* ») relevant de ce même registre vitaliste.

Pour justifier ce choix devant la classe, elle s'appuie sur les conclusions du travail précédent sur la nutrition qui sont considérées comme acquises par les élèves. Il s'agit des trois points suivants : tout d'abord les muscles ont besoin de nutriments et d'oxygène pour fabriquer leur énergie, ensuite, les déchets fabriqués par l'organisme sont éliminés par les reins, enfin le cœur est un muscle qui fonctionne comme une pompe pour faire circuler le sang.

En analysant les deux démarches, il apparaît que même si dans la classe 2, l'enseignante a privilégié le registre vitaliste physico-chimique, le registre mécaniste persiste. Imposer un registre explicatif s'est révélé artificiel. En effet, on peut constater que les élèves ont mobilisé le registre mécaniste écarté par la maîtresse. Ils l'ont fait coexister avec le précédent.

« 137 – Eliaz : *C'est le cœur qui prend de l'air, une partie pour battre et une autre partie, c'est le sang qui le prend.* »

Dès l'élaboration des affiches, dans le groupe 5 (voir annexe 2), on pouvait lire :

« *L'air sert à faire battre le cœur. Les muscles font de l'énergie grâce à l'air. Quand on prend de l'air, le cœur va en arrière, et quand il avance, l'air et le sang passent partout. Quand l'air et le sang vont dans les muscles, ça fait fonctionner les muscles pour transformer les nutriments en énergie.* »

Même si on oppose des arguments pour contredire leur modèle, les élèves préfèrent complexifier leur modèle plutôt que d'en changer. Par exemple, Michel invente une réserve d'air pour expliquer que le cœur ne s'arrête pas de battre pendant une apnée (« *À côté du cœur, il y aurait une poche.* »).

La question focalisée sur le fonctionnement des muscles n'a pas permis d'écartier le registre mécaniste, mais a sans doute favorisé la construction d'un réseau de raisons plus riche que dans la classe 1 (voir espace de contraintes 4).

Il nous semble que les enfants de cet âge se représentent l'énergie comme un mouvement (Astolfi & Develay, 1989). Même si les élèves sont contraints de ne retenir qu'une seule signification (« l'air sert à fabriquer l'énergie pour les muscles ») pour travailler dans un certain cadre d'explication, ils produisent des explications qui semblent relever de deux registres explicatifs, le registre mécaniste et le registre vitaliste physico-chimique. La relation, spontanée chez eux, entre ventilation pulmonaire et battements cardiaques semble constituer un obstacle.

Par ailleurs, l'interprétation des propos des enfants est parfois difficile. Par exemple, les enfants notent dans l'affiche 2 (non reproduite dans cet article) : « *L'oxygène va aller dans le cœur pour qu'il n'arrête pas de battre. Le cœur se nourrit d'oxygène* ». On voit ici qu'il subsiste une ambiguïté. L'oxygène est-il perçu comme un nutriment ou comme un souffle qui fait battre le cœur ? Il est difficile de savoir dans quel registre explicatif le groupe se situe ou s'il utilise conjointement deux significations. On peut retrouver dans l'histoire du concept de respiration des cas analogues : ainsi dans la pensée de Galien par exemple, plusieurs usages de la respiration cohabitent (l'air rafraîchit le corps, l'air alimente dans le cœur, la combustion interne et produit le souffle vital) (Giordan, 1987).

Dans la classe 1, les enfants étant sur des significations différentes, la discussion dans la classe est difficile. Pour certains, l'air sert à faire battre le cœur, pour d'autres, à fabriquer l'air extérieur, ou encore à faire fonctionner le corps. Les enfants ont du mal à faire fonctionner le modèle élaboré par un autre groupe pour donner son opinion. Dans le débat, il y a peu de controverses. Aussi, l'enseignante doit souvent reformuler les explications des groupes et solliciter l'avis des élèves.

4. Conclusion

Cette étude, menée dans le cadre d'un groupe de formation-action, avait pour objectif de nous apporter une aide dans la gestion de nos futurs débats sur le thème de la respiration humaine. Elle a permis de mettre en évidence différents registres explicatifs et significations mobilisés par des élèves âgés de 8 à 10 ans. L'élaboration des espaces de contraintes nous a aidées à mener d'autres débats. Connaître *a priori*, les nécessités et les contraintes possibles dans une classe permet de les identifier dans les propos des élèves au cours des échanges. L'enseignant peut ainsi les pointer, de façon à ce qu'ils soient compris et discutés par les enfants.

La gestion d'un débat semble plus difficile pour l'enseignant quand plusieurs significations sont présentes dans la classe. Mais faut-il pour autant tenter de ne sélectionner qu'une signification dès le début de la séquence, puisque l'étude menée dans la classe 2 montre qu'une signification non prise en compte par l'enseignante ressurgit dans les explications des élèves ?

La problématisation des élèves montre ses limites. Deux registres explicatifs coexistent sans entrer en contradiction. Il nous manque des outils pour permettre aux élèves de changer de registre explicatif.

Une piste de travail semble se dégager dans les éléments de discussion : le lien spontané entre ventilation pulmonaire et battement cardiaque fait par de nombreux élèves constitue à notre avis un obstacle épistémologique ou un des aspects d'un nœud d'obstacles. Dans ces conditions, le *débat scientifique* constitue une des stratégies didactiques pour aider les élèves au franchissement, mais pas la seule. Le travail de déstabilisation, de reconstruction conceptuelle et d'identification de l'obstacle proposé par Astolfi et Perterfalvi (1997) pourrait être exploré dans l'étude de ce thème. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris : Bruxelles : De Boeck.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, n° 25, p. 193-216.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BERNARD Cl. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Flammarion.
- BEORCHIA F. (2003). *La communication nerveuse : conceptions des apprenants et problématisation. Importance des explications mécanistes et vitalistes*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- BEORCHIA F. (2005). Débat scientifique et engagement des élèves dans la problématisation : Cas d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement en CM2 (10-11 ans). *Aster*, n° 40, p. 121-151.
- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris : PUF.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction de problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, n° 24, p. 37-57.
- GIORDAN A. (1987). *Histoire de la biologie (tome 1 & 2)*. Paris : Technique et documentation Lavoisier.
- KUHN T.S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

- LHOSTEY. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3^e (14-15 ans) sur le thème de la nutrition. *Aster*, n° 40, p. 153-176.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- ORANGE C. (2002). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 1, p. 25-41.
- ORANGE C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 3, p. 69-93.
- ORANGE RAVACHOL D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Aster*, n° 40, p. 177-204.
- PIAGET J. & GARCIA R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.

**ANNEXE I. Les réponses orales des élèves
à la question « à quoi ça sert de respirer ? »,
lors de la première phase de la séquence**

Classe 1 (CE2) :

« à vivre »
« ça aide à faire un gros effort et le cœur bat plus vite »
« les poumons c'est comme une pompe ça prend l'air et ça le rejette »
« l'air lave les poumons »
« l'air sert à envoyer le sang dans les veines »
« à donner de l'oxygène à notre corps »

Classe 2 (CE2 – CMI) :

« l'air sert à respirer »
« pour que le cœur batte et envoie le sang dans tout le corps »
« c'est comme un pneu que l'on gonfle »
« l'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner »

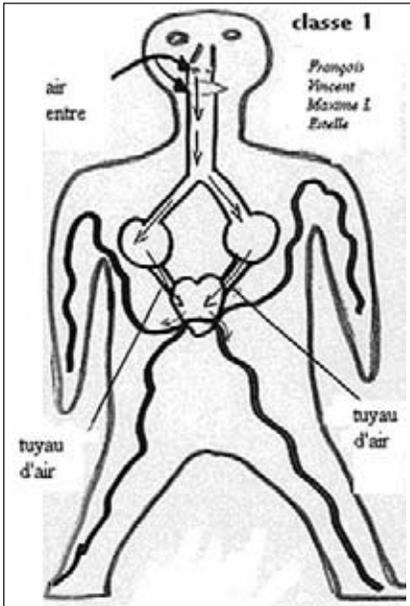
ANNEXE 2. Les productions de 6 groupes d'élèves présentées lors de la troisième phase de la séquence

Les affiches de six groupes d'élèves comprenant un dessin, des légendes et un texte ont été reproduites. Sous chaque affiche, il a été noté le résumé et le schéma dictés par un élève extérieur au groupe, après présentation de l'affiche à la classe entière (en italique et entre guillemets).

Les enseignantes en ont déduit la signification de la respiration.

Classe 1 – Groupe 1

(François, Vincent, Maxime L, Estelle)



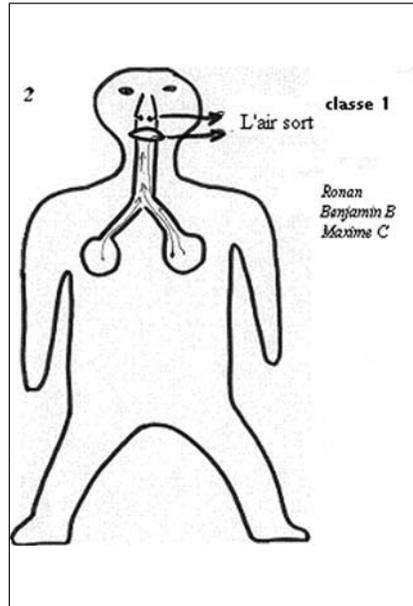
L'air va dans les poumons. Puis il va dans le cœur par des tuyaux pour faire battre le cœur et envoyer le sang dans le corps.

« Respirer pour que le corps fonctionne, respirer pour que le cœur envoie le sang dans les veines. Les poumons servent à respirer. »
air → œsophage → poumons → cœur → veines de sang → tout le corps

Signification : L'air sert à faire battre le cœur et à envoyer le sang dans le corps.

Classe 1 – Groupe 2

(Ronan, Benjamin B, Maxime C)

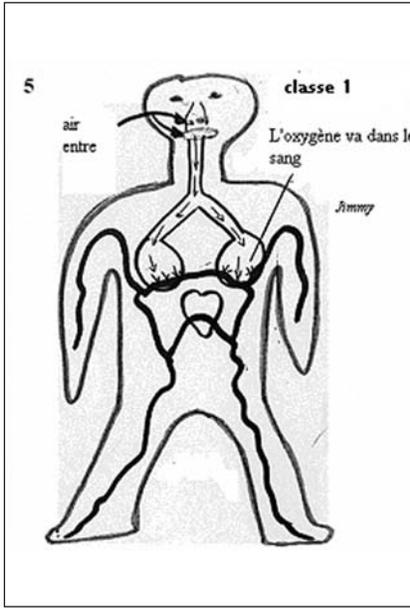


Les poumons fabriquent de l'air qui ressort par la bouche et le nez.

« Les poumons s'appuient puis font de l'air qui est envoyé dans l'œsophage et qui ressort par la bouche et le nez. Les poumons fabriquent l'air. »
air dans les poumons → œsophage → bouche nez → extérieur

Signification : L'air extérieur est fabriqué par les poumons.

Classe 1 – Groupe 5
(Jimmy)



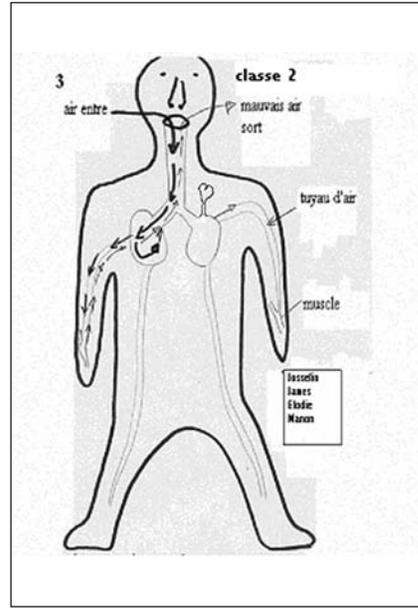
L'air va dans les poumons. L'oxygène de l'air va dans le sang, partout dans le corps.

« Le cœur sert à vivre. Le cœur envoie le sang partout. Ça donne de l'oxygène à notre corps. Le sang passe dans les poumons pour que l'oxygène se balade dans notre corps. »

nez bouche → tuyau → poumons → sang → corps

Signification : L'air sert à donner de l'oxygène à notre corps.

Classe 2 – Groupe 3
(Josselin, Manon, James, Elodie, Mathilde)



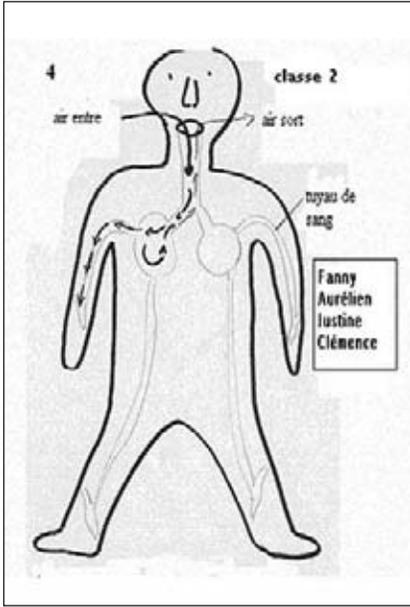
L'oxygène entre par la bouche et le nez. Il va dans des tuyaux. Après ça va dans les poumons. L'oxygène sort des poumons et va dans le muscle et le cœur par des tuyaux. Les muscles rejettent de l'air et puis qui sort par le nez. L'air se mélange avec les aliments et forme de l'énergie pour faire fonctionner les muscles

« L'air entre par la bouche et le nez. Ça va dans des tuyaux et dans les poumons. Ils trient. Le mauvais air ressort. L'oxygène va dans les muscles. Les muscles mélangent l'oxygène avec les nutriments pour fabriquer le mauvais air et de l'énergie. »

nez bouche → tuyaux → poumons
muscles → mauvais air → sortie

Signification : Distribution de l'oxygène par des tuyaux, sortie d'air depuis les muscles.

Classe 2 – Groupe 4
(Fanny, Justine, Clémence, Aurélien)



L'oxygène est le bon air. Le gaz carbonique est le mauvais air. L'air entre par le nez et la bouche quand on respire. Les poumons trient les air (l'oxygène et le gaz carbonique). Le gaz carbonique ressort par le nez quand on expire. L'oxygène va dans les muscles grâce au sang qui circule. L'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner.

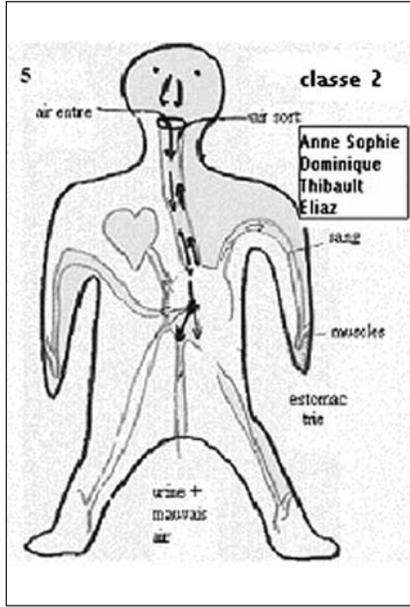
« L'air entre dans la bouche, va dans l'œsophage, puis dans les poumons. Il trie. Le mauvais air (le gaz carbonique) il ressort. Le bon air (l'oxygène) va dans les muscles grâce au sang. L'oxygène sert à faire de l'énergie. »

```

    nez bouche → œsophage, poumons → sang → muscles
            ↑                               ↓
            ← gaz carbonique ←
    
```

Signification : Distribution de l'oxygène vers les muscles par le sang, tri, sortie.

Classe 2 – Groupe 5
(Anne-Sophie, Eliaz, Dominique, Storm, Thibaut)



L'oxygène entre dans la bouche quand tu respire, ça sert à vivre. Il va dans l'œsophage, les muscles et les organes par des tuyaux (le cœur est un muscle). L'air sert à battre le cœur. Les muscles font de l'énergie grâce à l'air. L'air va dans tout le corps. Quand on prend de l'air, le cœur va en arrière, et quand il avance, l'air et le sang partent partout. Quand l'air et le sang vont dans les muscles, ça fait fonctionner les muscles.

« L'air rentre dans la bouche. Il va dans l'œsophage, puis dans l'estomac qui trie. L'oxygène va aller dans les muscles par le sang. Le mauvais air ressort sous forme d'urine. L'oxygène va dans le cœur pour le faire battre. »

```

    bouche → œsophage → estomac → sang → cœur, muscles
            ↑                               ↓ ↓
            ← bon air ← → mauvais air → urine
    
```

Signification : Distribution de l'oxygène vers les muscles par des tuyaux et rôle mécanique de l'air (faire battre le cœur).

La régulation de la glycémie

Une étude de cas en première S

Patricia Schneeberger, IUFM Aquitaine ; DAEST, université Victor-Segalen-Bordeaux 2 ; patricia.schneeberger@aquitaine.iufm.fr

Manel Dhouibi, étudiante à l'université de Tunis ; dhb_manel@yahoo.fr

L'enseignement/apprentissage de la régulation en biologie a fait l'objet de différentes recherches en didactique (Schneeberger, 1992 ; Rumelhard, 1994). Cette étude s'intéresse à la régulation de la glycémie et propose d'analyser des observations réalisées dans une classe de première S. En reprenant en partie les résultats des recherches antérieures, nous nous interrogeons sur les points suivants :

– la légitimité épistémologique de l'utilisation de la modélisation systémique dans l'enseignement de la régulation de la glycémie ;

– la relation élève/modèle : la manière selon laquelle l'élève construit, s'approprie et applique un modèle formel dans le cadre de la régulation de la glycémie.

Outre une étude épistémologique, nous avons conduit une analyse détaillée d'une séance de débat pour repérer comment les élèves parviennent à appliquer un modèle formel à un cas particulier. Les outils d'analyse du débat ont été conçus à partir des travaux de Martinand et Orange. Ce type de travail contribue à montrer l'importance de l'activité langagière des élèves dans l'élaboration du savoir.

La régulation, d'après Canguilhem (1996), est le concept biologique par excellence et pour Jacob (1970), c'est l'un des concepts sur lequel repose la biologie. Actuellement, on ne peut plus concevoir le vivant sans les différentes boucles de régulation et de rétrocontrôle qui lient les éléments du vivant. Ces interactions deviennent des nécessités à questionner à chaque niveau de l'intégration.

La régulation de la glycémie est enseignée en France en classe de première S en relation avec l'étude du diabète, elle est également enseignée en Tunisie au lycée. En Tunisie, le diabète atteint une proportion importante de la population et

constitue un problème de santé publique¹. Dans ce contexte, l'enseignement de la régulation revêt une importance particulière, ce qui a motivé, en partie, le choix de cette étude.

Le diabète est une maladie connue des élèves, qui disposent d'informations véhiculées, le plus souvent, par les médias. Les connaissances des élèves sont cependant juxtaposées avec une conception naïve du vivant, incompatible avec la compréhension des mécanismes de régulation. L'objet de cette recherche est d'évaluer l'impact d'un enseignement qui met en jeu les principes fondamentaux du concept de régulation en s'appuyant sur des activités de modélisation.

Après avoir présenté le cadre théorique de cette recherche, nous détaillerons une étude de cas effectuée dans un lycée de la région bordelaise. Nous décrivons les apprentissages réalisés au cours de cette séquence et nous essaierons de circonscrire les conditions de possibilité de l'élaboration de tels savoirs.

I. Le cadre de la recherche

I.1. Les choix didactiques

• Première option : l'approche systémique

Les recherches sur lesquelles nous nous appuyons ont montré que l'étude des mécanismes de régulation exige de concevoir les êtres vivants comme des systèmes, c'est-à-dire comme un ensemble d'éléments en interaction.

En rupture avec la méthode analytique linéaire privilégiée dans l'enseignement² de la physiologie au lycée, l'approche systémique permet de mettre en valeur non seulement les fonctions impliquées dans une régulation mais aussi les interactions existant entre ces fonctions.

• Deuxième option : la modélisation

Du fait de sa complexité, un système vivant doit être appréhendé à travers un modèle. Envisager un enseignement fondé sur la modélisation nous amène à nous questionner sur les problèmes que pose un tel apprentissage.

La modélisation d'un système requiert une analyse préliminaire de son organisation (Orange, 1997) qui peut se faire selon deux approches : une approche anatomique et une approche fonctionnelle. Pour l'étude de la régulation de la glycémie, nous avons privilégié cette deuxième approche qui consiste à subdiviser le système

1 La prévalence totale du diabète à l'échelle nationale selon les critères de l'ADA (*American Diabetes Association*) est de 6,3 %, 10 % dans la région de Tunis (Évaluation de l'état nutritionnel de la population tunisienne, Rapport national, République tunisienne, ministère de la santé publique, Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire, enquête nationale, 1996-1997).

2 L'étude réalisée par Schneeberger porte sur les manuels français datant d'avant 1992. Cette tendance est moins nette dans les manuels actuels de première S mais reste en vigueur dans les manuels tunisiens.

en parties fonctionnelles élémentaires et à rechercher les interactions établies entre ces fonctions. Cette prise de distance avec l'anatomie définit la modélisation formelle dans la biologie.

Le modèle formel choisi dans notre recherche est le modèle cybernétique. Dans le cadre de la modélisation formelle, nous insistons sur les activités de schématisation. Ce choix repose sur les travaux de différents auteurs (Schneeberger, 1994 ; Jebbari, 1994 ; Orange, 1997) qui insistent sur l'aide didactique que peut apporter le schéma dans l'analyse du phénomène de régulation.

• **Troisième option : le débat scientifique dans la classe**

Considérant que les pratiques langagières, au même titre que les autres pratiques, sont constitutives des savoirs, la transposition, pour la classe, des pratiques de la communauté scientifique conduit à considérer le débat comme une situation favorable aux apprentissages.

Notre étude se situe dans le prolongement de recherches en didactique des sciences expérimentales qui s'intéressent aux interactions langagières (Aster 37 et 38) pour montrer comment la prise en compte de différents points de vue et les négociations qui en découlent constituent une étape indispensable dans la construction des savoirs en jeu.

En effet, le débat constitue l'occasion pour les élèves de formuler des arguments et d'explicitier leurs fondements. Les travaux de différents chercheurs (Douaire, 2004) ont montré comment l'argumentation constitue un outil efficace dans la construction du problème, l'exploration des solutions possibles ou la production des énoncés de savoirs.

1.2. Les choix méthodologiques

Cette étude cherche à préciser dans quelle mesure les activités de modélisation favorisent l'apprentissage du concept de régulation. Elle se fonde sur une étude de cas menée dans une classe de première S au lycée Pape-Clément à Pessac³ (près de Bordeaux).

• **Le suivi des apprentissages**

Les progrès des élèves ont été évalués à l'aide de questionnaires (prétest et posttest) et par l'analyse des productions successives des élèves en cours d'apprentissage, en particulier les schémas réalisés au cours des différentes séances.

Les réponses au premier questionnaire (annexe 1) ont permis de révéler, avant apprentissage, l'existence de conceptions différentes de la vie (animiste,

³ Les observations ont été réalisées dans le cadre d'une recherche conduite par M. Dhoubi pour son mémoire de DEA de didactique de la biologie, sous la direction de Schneeberger.

réductionniste ou mécaniste) et l'absence de conceptions de la vie comme organisation et comme information (Canguilhem, 1968⁴).

Certains élèves mobilisent deux conceptions contradictoires, l'autonomie de l'organisme vivant et la dépendance du vivant par rapport à son milieu, pour répondre à une même question⁵. C'est pourquoi, nous pensons que ces deux conceptions se juxtaposent dans l'univers conceptuel de l'élève sans se confronter.

Exemple de réponse mobilisant deux conceptions contradictoires :

« Le glucose doit certainement diminuer pendant la nuit car l'absorption est lointaine (repas du soir) cependant le taux de sucre doit rester assez stable car le corps peut réguler la diffusion du sucre dans le sang... »

La réponse de cet élève montre l'existence de deux conceptions contradictoires du point de vue scientifique : d'une part, l'idée du maintien du taux de glucose sanguin en dehors des périodes digestives et, d'autre part, l'idée de baisse du taux de glucose sanguin en absence d'apport alimentaire. L'affirmation de la diminution du taux du glucose sanguin en cas d'absence d'apport alimentaire renvoie, selon nous, à une conception de dépendance de l'organisme à son environnement alors que l'insistance sur l'obligation du maintien de la constance de ce taux, malgré les perturbations extérieures, se rattache à une conception d'autonomie du vivant. Dans cet exemple, le discours de l'élève exprime deux « voix » dissonantes. L'analyse des réponses au questionnaire a révélé l'existence de nombreux cas similaires d'hétéroglossie (Bakhtine, 1984).

Ce questionnaire permet aussi de montrer que, à propos de la régulation, les élèves ne connaissent qu'une seule fonction : la fonction d'action sur les réserves (utilisation et/ou synthèse). Ils ne sont pas conscients que la gestion des réserves fait partie d'un phénomène plus global. Nous verrons que, pour construire le concept de la régulation, les élèves doivent connaître les autres fonctions impliquées dans le phénomène de régulation et les liaisons qui existent entre elles.

Après apprentissage, un deuxième questionnaire est proposé aux élèves (annexe 2). Le changement remarqué dans les réponses des élèves nous permet de rendre compte de l'évolution des conceptions des élèves. Nous avons constaté que la conception de dépendance a été déstabilisée chez les apprenants, ce qui représente une condition indispensable pour construire le concept de régulation.

4 Canguilhem (1968) distingue quatre conceptions de la vie : la vie comme animation, la vie comme mécanisme, la vie comme organisation et la vie comme information.

5 La question était la suivante : pendant la nuit, l'individu jeûne pendant huit heures. Expliquez l'évolution du glucose sanguin pendant la nuit.

En raison de l'importance des schémas dans l'enseignement des phénomènes de régulation, nous nous sommes intéressées aux compétences des élèves liées à la schématisation, avant et après apprentissage. L'analyse des productions successives des élèves révèle l'évolution des compétences des élèves par rapport à la schématisation d'un modèle : faculté d'abstraction, fonction symbolique, coordination texte/schéma. Nous ne développerons pas davantage cet aspect dans ce texte.

• **L'analyse des débats**

L'analyse détaillée d'une séance de débat a été menée pour identifier comment les élèves parviennent à appliquer un modèle formel à un cas particulier. Ce type d'analyse est fondé sur l'idée que l'activité langagière des élèves, à travers les reconfigurations successives de leurs énoncés, renseigne sur leur activité cognitive et donc sur les processus en jeu dans l'élaboration du savoir.

Pour cette étude, nous nous sommes appuyées sur les travaux de Martinand et de Orange.

Pour Martinand (1994) la modélisation est une activité de mise en relation continue entre deux registres : « le registre du référent empirique » (RE) et « le registre des modèles » (RM).

Le registre du référent empirique : c'est le monde des objets et des phénomènes qu'on appelle la phénoménologie. Ce registre contient aussi les concepts, les modèles ou les théories déjà disponibles pour la description des phénomènes. Le référent empirique n'est pas donné, il est au contraire choisi. Il peut être choisi par le scientifique, le didacticien, l'enseignant, l'élève.

Le registre des modèles : c'est le registre de l'élaboration modélisante. Les modèles construits permettent d'expliquer la phénoménologie du référent empirique.

La relation établie entre les deux registres donne sens au modèle et lui permet de remplir ses fonctions.

Orange (1997), quant à lui, présente la modélisation comme une interaction entre trois niveaux : « le référent empirique », « le modèle » et « le paradigme explicatif ». Orange (1994) définit le paradigme explicatif comme le « monde mental » qui sous-tend le modèle et lui permet de remplir ses fonctions. Martinand propose de désigner par « matrice cognitive » l'ensemble des paradigmes épistémiques, des ressources théoriques et sémiotiques d'un modèle.

En nous référant à Walliser (1977), nous retiendrons le terme de « champ théorique » pour désigner les présupposés théoriques qui soutiennent le modèle. Ainsi, la modélisation revient, pour nous, à mettre en relation le registre empirique (RE) et le champ théorique (CT). Le modèle joue alors le rôle d'intermédiaire entre ces deux registres. L'analyse des débats, réalisée dans cette perspective, tend

à montrer comment les élèves tissent des liens entre les trois registres (RE, RM et CT), réalisant ainsi un véritable travail scientifique.

- **La construction du problème**

Bachelard (1938) insiste sur le fait que : « *Avant tout il faut savoir poser des problèmes* ». La construction de problème est la garantie de la scientificité d'une connaissance. La modélisation met en tension le registre empirique et le registre des modèles. La tension qui s'établit entre les deux registres crée un espace propice à la problématisation (Fabre & Orange, 1997). Il en résulte une organisation de la problématique dont la connaissance visée représente la solution. D'ailleurs, le problème définit les conditions de possibilité d'une solution ainsi que les contraintes à prendre en considération (Fabre, 1999). Nous pouvons décrire la problématisation comme une construction simultanée de contraintes empiriques et de nécessités au niveau des modèles. Orange⁶ insiste aussi sur l'aspect progressif et exploratoire de la construction des contraintes et des nécessités. Les différentes contraintes exprimées au cours d'un débat et les liens que fait apparaître l'analyse des propositions des élèves permet de construire « *l'espace des contraintes* » en jeu dans le débat.

Nous avons appliqué cette méthodologie afin de repérer le processus de construction du problème dans la phase de modélisation proposée aux élèves pour rendre compte de la régulation de la glycémie. Nous avons cherché dans les dialogues des élèves des indices permettant de mieux cerner la façon dont les élèves parviennent à articuler des éléments du registre empirique avec le registre des modèles.

2. La définition actuelle de la régulation glycémique

Soumis à des variations liées aux échanges avec le milieu extérieur (prises d'aliments, consommation liée à un exercice physique), le taux de glucose dans le sang est toutefois maintenu constant grâce à des mécanismes de régulation automatique.

2.1. Le modèle de référence

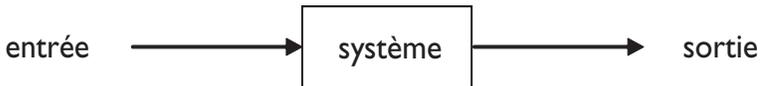
L'autonomie de l'organisme humain exige le maintien de la stabilité de son milieu intérieur (homéostasie) : il doit préserver la stabilité des concentrations des constituants physico-chimiques de ce milieu. La théorie des asservissements, qui représente un aspect de la théorie de la cybernétique, constitue un modèle intéressant pour étudier ces phénomènes.

6 Orange C., Beorchia F., Ducrocq P. & Orange D. (1999). Les auteurs expliquent qu'une contrainte empirique représente les données empiriques dont on veut rendre compte alors que les nécessités sont les conditions obligatoirement remplies par tout modèle lié au phénomène étudié.

Un système asservi est un système qui est sous l'influence de son environnement par certains processus appelés entrées (*inputs*). Le système exerce, lui aussi, une influence sur son environnement selon des processus appelés sorties (*outputs*).

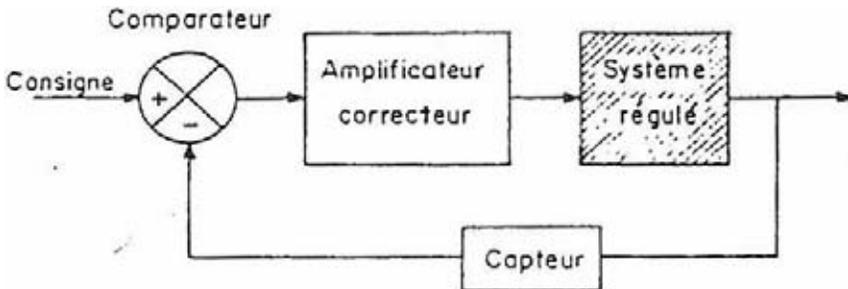
La grandeur de sortie est liée à la grandeur d'entrée dont elle doit suivre les variations comme l'illustre la figure 1.

Figure 1. Schéma d'un système asservi



Certains facteurs perturbent le fonctionnement du système considéré, les perturbations pouvant être d'origine interne ou externe et conduisent à un écart entre la variable d'entrée et la variable de sortie. Le système réagit selon un mécanisme de régulation qui permet d'amortir les perturbations que subit le système au cours de son fonctionnement. Il existe différents types de régulateurs ; dans le cas des régulateurs à rétroaction, l'existence d'une boucle de rétroaction permet de relier la variable d'entrée et la variable de sortie. Nous n'avons plus une chaîne ouverte comme dans la figure 1 mais une chaîne fermée dans laquelle interviennent plusieurs éléments (ou sous-systèmes) permettant la mesure de l'écart entre la variable d'entrée et la variable de sortie et la correction de cet écart afin de l'annuler (figure 2).

Figure 2. Schéma d'un système de régulation



Les sous-systèmes sont :

- un capteur, système d'observation qui transforme une grandeur physique, matérielle ou énergétique, liée à la variation de la variable de sortie en une grandeur informationnelle ;
- un comparateur, système qui détecte l'écart entre la variable de sortie et les variables de commande ;
- un effecteur ou correcteur, système de correction qui transforme une grandeur informationnelle en une grandeur physique et qui possède une fonction d'action ou d'exécution.

2.2. Le mécanisme de la régulation de la glycémie

Dans le cas de la régulation de la glycémie, qui est un mécanisme d'autorégulation, il s'agit de maintenir une valeur de référence ou de commande constante, cette valeur étant inscrite dans le patrimoine génétique de l'individu. Le glucose qui se trouve dans le milieu intérieur provient soit du milieu extérieur soit de la glycogénolyse (transformation du glycogène en glucose) soit de la néoglucogenèse à partir des lipides et des protéides.

L'utilisation du modèle cybernétique permet de décrire le milieu intérieur comme un système réglé, la glycémie étant la variable de sortie. Le régulateur comprend alors les éléments suivants :

- le capteur, support anatomique de cette fonction se trouve au niveau des cellules α et β du pancréas qui transforment les variations du taux de glucose en une grandeur informative exprimée par la modulation des sécrétions des hormones pancréatiques (insuline et glucagon) ;
- le comparateur, support anatomique de la fonction de comparaison, est situé au niveau du pancréas ;
- l'effecteur, système comprenant le foie, les muscles et le tissu adipeux. Ces tissus sont des producteurs et/ou des consommateurs de glucose. La modification de leurs activités corrige les perturbations de la glycémie.

Dans l'exemple que nous analysons, le professeur a choisi de présenter le modèle cybernétique aux élèves avant de leur faire utiliser pour expliquer le mécanisme de la régulation de la glycémie. Elle cherche ainsi à les familiariser avec un nouveau paradigme qui permet de concevoir le vivant comme un système composé d'éléments en interaction dynamique, l'organisation étant assurée grâce à l'information.

2.3 Légitimité épistémologique de ce modèle

La théorie cybernétique constitue un cadre théorique adéquat pour l'interprétation de la régulation et des concepts liés à ce phénomène, comme l'information et le rétrocontrôle. L'histoire des sciences (Poulain, 1996) nous informe sur les théories successivement adoptées pour expliquer le diabète : la théorie rénale de Galien, la théorie sanguine de Paracelse, la théorie gastrique de Bouchardat, la théorie hépatique de Claude Bernard et enfin la théorie pancréatique confirmée par la découverte du rôle endocrinien du pancréas. Chacune de ces théories désigne un organe dont le dysfonctionnement serait à l'origine des troubles constatés, attribuant ainsi la maladie à une cause unique. Cette façon de concevoir le fonctionnement de l'organisme a constitué un obstacle à la compréhension de la régulation de la glycémie et du diabète : les scientifiques⁷ n'ont pas soupçonné la possibilité d'une coordination entre la fonction du foie et celle du pancréas.

7 Cl. Bernard lui-même a remarqué, à deux reprises, la dégénérescence du pancréas lors d'autopsie d'un diabétique mais cela n'a pas attiré son attention.

Pendant des siècles, les médecins et les physiologistes ont adopté des théories à hypothèse unique, prônant ainsi une vision analytique jusqu'au début du xx^e siècle. L'application, à l'analyse du vivant, des modèles empruntés à la cybernétique donne la priorité aux interactions entre les différents organes, ce qui constitue une véritable révolution. La spécificité du modèle cybernétique repose sur plusieurs principes :

- il met l'accent non pas sur la constance du milieu intérieur mais sur les processus qui interviennent pour rétablir l'équilibre malgré l'existence de facteurs perturbateurs ;
- il introduit l'idée d'un transfert d'informations entre les éléments du système, informations qui vont contrôler le transfert de matière ;
- il propose un formalisme symbolique qui permet de matérialiser les différentes interactions existant entre les éléments d'un système de régulation et de définir leur fonction, en particulier la rétroaction.

Il en découle que l'apprentissage de la régulation de la glycémie, et plus généralement du concept de régulation, nécessite de se placer dans un registre explicatif compatible avec les principes énoncés ci-dessus. Il convient alors d'adopter une conception adéquate du vivant : « *la vie comme information* » (Canguilhem, 1968). Ainsi l'être vivant est défini comme un système ouvert qui réalise des échanges avec le milieu extérieur (échange d'information, de matière et d'énergie) et dont les différents éléments sont impliqués dans un réseau d'interactions.

3. Les situations d'apprentissage

Les situations d'apprentissage ont été réalisées dans les conditions scolaires ou « *écologiques* » avec le professeur de la classe. Les intentions de l'enseignante sont de présenter aux élèves le modèle cybernétique avant de leur faire analyser des données empiriques. Elle propose ainsi une approche systémique de l'étude de la régulation de la glycémie en demandant aux élèves à se référer à un modèle formel pour interpréter des phénomènes. Le dispositif d'apprentissage est organisé en cinq séances.

3.1. La première séance : l'introduction du modèle cybernétique

Cette séance de deux heures comporte trois phases. Dans un premier temps, le professeur propose un document destiné à définir la glycémie comme une variable réglée. Ensuite, elle introduit un modèle de régulation que les élèves devront représenter par un schéma.

• Un questionnement à propos de la variation glycémique journalière

Des courbes concernant les variations de la glycémie pendant la journée ont été distribuées aux élèves (cf. annexe 3). Les élèves analysent ces courbes et

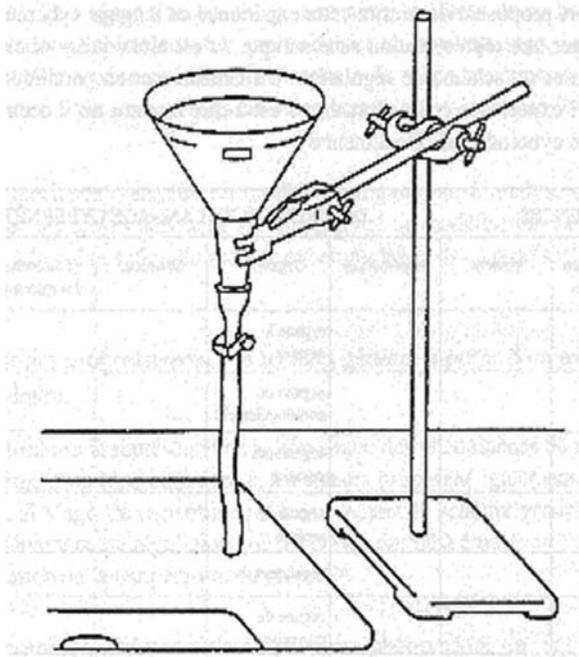
énoncent les questions que l'étude de ces courbes leur inspire. Après une mise en commun, chaque élève rédige un compte rendu.

• **Le modèle⁸**

Les élèves sont répartis en 5 groupes. Chaque groupe dispose du matériel présenté sur la figure 3, un entonnoir rempli d'eau relié à un tube flexible comprimé par une pince (utilisable comme robinet en la serrant plus ou moins à l'aide d'une vis), un bécher et une réserve d'eau.

Les élèves doivent s'organiser pour garder le niveau d'eau constant dans l'entonnoir après une perturbation (augmentation ou baisse du niveau d'eau dans l'entonnoir). Ils doivent respecter deux contraintes : chaque élève ne peut réaliser qu'une seule action et ne communique qu'avec un membre du groupe à l'exception de celui qui a fait l'action précédente.

Figure 3. Montage de l'expérience de la régulation du niveau de l'eau (Bayruber & Schaefer, 1978)



Le professeur aide les élèves à se répartir les tâches et les incite à réfléchir aux actions réalisées au cours de la manipulation. Sa méthode consiste à poser des questions aux élèves, par exemple : « *Qu'est ce que vous avez fait ? Qu'est ce que vous avez dit à votre camarade, précisément ? Que fait votre camarade ?* ».

8 Ce modèle est inspiré du modèle de Bayruber et Schaefer décrit par Schneeberger (1994). La manipulation permet, par la répartition des tâches, de matérialiser un système asservi.

• **Travail de synthèse et de schématisation**

Chaque groupe doit réaliser, sur une affiche, un schéma qui rend compte des activités physiques et intellectuelles réalisées au cours de cette expérience. Les affiches sont ensuite présentées devant la classe et une liste des opérations réalisées est établie (colonne de gauche du tableau I).

Le professeur indique alors la correspondance entre les éléments du dispositif utilisé et les composantes du modèle cybernétique (colonne de droite du tableau I).

Tableau I. Correspondance entre la régulation du niveau d'eau et le modèle cybernétique

Régulation du niveau d'eau	Correspondance	Modèle cybernétique
trait de référence	↔	valeur de référence
augmentation ou baisse du niveau de l'eau	↔	perturbation
observation du niveau final	↔	mise en jeu du capteur
comparaison avec le niveau initial	↔	mise en jeu du comparateur
communication de l'information	↔	transmission de l'information
réalisation de l'action (verser, enlever)	↔	mise en jeu de l'effecteur

La séance aboutit à deux questions : peut-on appliquer ce modèle au cas de la glycémie ? Dans le cas de la glycémie existe-t-il un capteur, un effecteur, un comparateur... ?

3.2. Deuxième séance : l'exploitation de données empiriques

• **Première étape (une heure)**

Au cours de la première heure de la séance, les élèves sont divisés en cinq groupes. Chacun dispose d'une série de documents⁹ qu'il doit étudier pour répondre aux questions suivantes : « existe-t-il, dans le cas de la glycémie, un comparateur, un capteur, un effecteur, une circulation d'information, une réserve ? » Nous signalons que les documents donnés aux élèves étaient différents d'un groupe à l'autre pour que chaque groupe étudie seulement un ou deux éléments de la régulation glycémique.

• **Deuxième étape (une heure)**

Les élèves constituent de nouveaux groupes qui doivent être composés d'au moins un élève de chacun des premiers groupes. De cette façon, chaque groupe a la possibilité de discuter de tous les documents proposés par le professeur. Chaque élève a pour mission d'expliquer à ses camarades les analyses des documents effectuées pendant la première heure. L'enseignant stimule les débats des élèves et les pousse à expliciter leurs arguments pendant les discussions.

⁹ Il s'agit de documents présentant des observations cliniques et des résultats expérimentaux portant sur le rôle des différents organes (foie, pancréas, tissu musculaire, tissu adipeux) intervenant dans la régulation de la glycémie et sur les hormones régulatrices. Ces documents sont extraits de manuels de première scientifique.

À la fin de la séance, chaque élève doit produire un compte-rendu individuel faisant la synthèse de l'étude de tous les documents, sous forme d'un schéma ou d'un texte.

• **Troisième séance : l'importance de l'homéostasie**

Le professeur reprend, sous la forme d'un cours, le travail effectué par les élèves pendant la deuxième séance. Elle propose ensuite l'étude d'un texte de Claude Bernard¹⁰ pour introduire le concept de milieu intérieur que les élèves abordent pour la première fois. Cela lui permet de présenter la constance du milieu intérieur comme une nécessité pour la survie des cellules et par conséquent de l'organisme. Elle illustre cette idée en présentant les conséquences de l'hyper- et de l'hypoglycémie.

Le cours du professeur traite ensuite des mécanismes de la régulation de la glycémie : stockage et déstockage de glucose (au niveau du foie et du muscle), sensibilité du pancréas au glucose, hormones régulatrices.

• **Quatrième séance : réalisation d'un schéma de régulation**

Quatre schémas construits par les élèves au cours de la deuxième séance ont été choisis et sont soumis à des discussions en groupe (la classe a été divisée en 5 groupes). Les élèves produisent un tableau expliquant les points négatifs et positifs de chaque schéma. Le professeur présente ensuite les cinq tableaux et encourage les élèves à débattre du contenu de ces tableaux.

Le professeur demande aux élèves de réaliser individuellement un nouveau schéma qui explique la régulation du taux du glucose dans le sang.

• **Cinquième séance : étude du diabète**

Dans une première phase, le professeur propose aux élèves d'analyser trois schémas extraits de manuels et de les comparer à un schéma du modèle cybernétique.

Dans une deuxième phase, les élèves ont étudié le diabète pour chercher les causes possibles de cette maladie en prenant en considération le modèle construit. Trois hypothèses ont été émises : un dysfonctionnement du capteur, un dysfonctionnement des effecteurs, un problème lié aux hormones régulatrices. Ils ont utilisé des documents du manuel (observation d'un pancréas de diabétique, comparaison des consommations du glucose par une personne diabétique et une personne non diabétique) pour tester leurs hypothèses avant d'étudier les causes héréditaires du diabète.

¹⁰ Extrait des *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878-1879.

4. Analyse d'un débat

Durant la deuxième séance, les débats des différents groupes ont été enregistrés. Pour différentes raisons (qualité de l'enregistrement, nature des interventions des élèves...), nous avons choisi de présenter ici l'analyse du débat au sein d'un des groupes.

4.1. Passer du modèle analogique à un modèle formel

Les élèves commencent par prendre connaissance des documents en cherchant à répondre à la question posée, qui elle-même renvoie à un modèle formel (le modèle cybernétique) défini lors la précédente séance.

- 26 – Camille : *C'est des perturbateurs/des perturbateurs parce que ça a changé le...*
 27 – Cécile : *Ça explique après.*
 28 – Benoît : *Ah ! oui/ça a rien changé de tout.*
 29 – Camille : *Ben si ! ça// ça a rien augmenté la taille.*
 30 – Benoît : *Ça ne perturbe rien de tout/ça augmenté la taille.*
 31 – Cécile : *Voilà ! Si c'est la glycémie/c'est peut être que ça augmente dans le sang.*
 32 – Camille : *Voilà ! la concentration a augmenté.*
 33 – Cécile : *Donc perturbateur.*
 34 – Camille : *Voilà ce que disent eux.*
 35 – Cécile : *Oui.*
 36 – Camille : *On s'en fout ou on passe aux comparateurs de valeurs.*

Les élèves passent ainsi d'un document à l'autre sans parvenir à identifier la fonction représentée par chaque document. Pour sortir de cette impasse, ils redéfinissent les différentes fonctions, en se référant au modèle de la régulation du niveau d'eau.

- 58 – Virginie : *Dans notre groupe c'était/hum/Aurélie/Aurélie/elle était quoi ?*
 59 – Camille : *Aurélie/Heu...*
 60 – Benoît : *Partout/Tu disais que tu ouvrais le robinet... heu.*
 61 – Camille : *C'est elle qui ouvrait le robinet.*

Dans ces échanges, la fonction est liée à la personne qui a effectué une action définie lors de l'expérience de maintien du niveau de l'eau. Au cours du débat, ils ont ainsi tendance à personnifier les éléments de la régulation.

- 229 – Cécile : *Non l'effecteur c'était// c'était ben c'était Benoît/*

Cependant, dans d'autres passages de débat, certaines interventions ne lient plus les fonctions aux personnes qui les ont concrétisées même s'ils continuent à personnifier les éléments de la régulation.

77 – Camille : *Voilà/lui il voit tandis que l'autre il fait une comparaison/*

78 – Cécile : *Tu vois/le comparateur c'est le cerveau du groupe/*

79 – Virginie : *Et l'effecteur/*

80 – Virginie : *L'effecteur c'est celui qui fait les actions/*

Les élèves décortiquent ainsi le modèle et essaient de comprendre le sens, les limites et l'extension de chaque fonction de la régulation. Cécile identifie le comparateur au cerveau du groupe, ce qui renvoie à l'idée d'un contrôle des interactions existantes entre les éléments de la régulation. Ce point n'a pas été discuté dans la classe, ce qui signifie que c'est une initiative de Cécile qui introduit une nouvelle fonction (l'intégration).

Dans ce débat, les élèves se sont focalisés sur l'identification des différents éléments du système sans trop s'intéresser aux relations entre eux. Cependant, nous avons repéré quelques interventions portant sur les interactions entre les fonctions de la régulation, par exemple Virginie a beaucoup insisté sur la nécessité d'une relation entre la réserve et l'effecteur : « *Mais c'est parce que l'effecteur avait besoin de la réserve* » (177).

Cette élève a répété trois fois cette proposition ; elle évoque la situation de la régulation du niveau d'eau mais elle n'arrive pas à attirer l'attention de ses camarades sur ce point : « *Parce qu'en fait la réserve ça va avec l'effecteur parce que l'effecteur pour/heul/pour stabiliser l'eau il avait besoin de réserve* » (188).

4.2. Explorer différentes pistes

Un des documents étudiés représente les résultats d'une expérience similaire à celle réalisée par Claude Bernard, qui lui a permis de montrer que le foie produit du glucose¹¹. Il comporte un schéma représentant la vascularisation du foie et un tableau qui indique le taux de glucose dans la veine porte- et la veine sus-hépatique dans différentes conditions (à jeûn, après une absorption de glucose). Au début de l'exploitation de ce document, les élèves proposent plusieurs interprétations, ce qui les oblige à préciser la signification de chaque fonction du système de régulation et donc à établir des relations entre les données empiriques et le modèle. Le tableau 2 présente l'évolution du contenu des échanges entre élèves au cours de quelques tours de parole.

¹¹ C'est la fameuse expérience du « foie lavé ».

Tableau 2. Évolution du contenu des échanges au cours du débat (97-114)

Énoncés des élèves	Évolution
97 – Cécile : <i>Non//l'intestin c'est l'effecteur.</i> 98 – Camille : <i>Non/leuh non.</i> 99 – Cécile : <i>Puisque c'est lui qui fait augmenter...</i> 100 – Virginie : <i>L'intestin c'est la réserve.</i> 101 – Camille : <i>Ouil/c'est la réserve.</i> 102 – Benoît : <i>Mais non !</i> 103 – Camille : <i>Non//l'intestin je ne crois pas.</i> 104 – Benoît : <i>L'intestin c'est par là ou arrivent les aliments extérieurs/c'est l'effecteur/c'est lui qui augmente// augmente// le taux de glucose.</i> 105 – Virginie : <i>Non//l'effecteur// (R)// je ne suis pas sûr (R).</i>	Les élèves tentent de mettre en relation les données empiriques avec le registre des modèles ce qui les conduit à attribuer à l'intestin des fonctions différentes (<i>effecteur, réserve, perturbateur</i>)
106 – Alexis : <i>Le perturbateur/c'est toujours d'ingérer ou de pas ingérer/leuh !...</i> 107 – Camille : <i>Ouil/c'est vrai.</i> 108 – Cécile : <i>Oui le perturbateur/c'est le repas et Euh...</i> 109 – Alexis : <i>Et le sport/donc après ça va dans l'intestin.</i>	Les élèves redéfinissent les éléments du modèle en le faisant fonctionner sur l'exemple donné. Ils élargissent le registre, ainsi redéfini, avec une autre situation.
110 – Camille : <i>Mais le foie c'est bizarre// ah ! c'est-à-dire que la veine sus-hépatique il y en a et il y en a pas c'est-à-dire qu'il y en est resté dans le foie.</i> 111 – Virginie : <i>Ouil/c'est la réserve.</i> 112 – Camille : <i>C'est-à-dire que c'est la réserve.</i> 113 – Benoît : <i>Voilà !</i> 114 – Camille : <i>On peut mettre réserve.</i>	Les élèves reprennent l'analyse du document et sélectionnent des éléments permettant d'attribuer une fonction au foie, en se référant au registre des modèles.

Apparemment, les élèves parviennent à trouver une donnée empirique pertinente par rapport au modèle (intervention 110 de Camille qui reprend une proposition de Virginie en 94). Il s'agit de la variation de la concentration du glucose entrant et sortant du foie. Les élèves passent ensuite à l'analyse d'un autre document.

Cet épisode de co-construction débouche sur un accord apparent mais, pour autant, le rôle de réserve du foie ne sera véritablement admis que lorsque les élèves auront compris la signification des variations du taux de glycogène dans le foie. Les élèves vont revenir plus tard sur ce sujet en apportant d'autres arguments.

Ce type d'échange, qui peut paraître à première vue oiseux, revient souvent dans le débat. C'est l'occasion pour les élèves d'essayer des pistes différentes pour retenir celles qui paraissent les plus pertinentes. C'est donc un faisceau convergent d'arguments qui vient confirmer la validité d'une hypothèse.

L'activité langagière témoigne ainsi de leur tentative de s'inscrire dans une démarche scientifique en construisant progressivement des preuves.

4.3. Amorcer la construction de l'espace-problème

Le débat est propice à la mise en place d'un espace de négociations permettant aux interactants d'élaborer du sens en effectuant de nouvelles mises en relation. Nous désignerons par espace-problème cet espace commun de significations, lorsqu'il devient le théâtre de la construction d'un problème. L'analyse du débat

permet d'identifier des éléments qui participent de la construction d'un espace-problème.

Parmi les documents présentés aux élèves, il y a deux images de cellules hépatiques observées au microscope électronique, la première prise avant un repas et la seconde après un repas. On peut observer sur ces photos une augmentation de la taille des granules de glycogène dans une cellule hépatique après un repas. La constatation de ces différences n'était pas flagrante pour les élèves. Ceci est peut-être dû aux difficultés de lecture des images scientifiques. Malgré cela, Benoît énonce, après une courte discussion, que la différence entre les deux photos est la taille des granules de glycogène. Après s'être mis d'accord sur cette observation, les élèves du groupe doivent interpréter cette donnée empirique en utilisant le modèle. Cécile relie le changement de taille des granules de glycogène à l'augmentation du taux de glucose dans le sang.

30 – Benoît : *Ça ne perturbe rien du tout, ça a augmenté la taille/*

31 – Cécile : *Voilà/si c'est la glycémie c'est peut être que ça augmenté dans le sang/*

32 – Camille : *Voilà/la concentration a augmenté//*

La variation du taux de glucose dans le sang est une donnée empirique déduite à partir d'une courbe étudiée au cours de la première séance. Cette donnée est avancée sans pour autant que le lien avec l'augmentation de la taille des granules soit compris. Puis le sujet est momentanément abandonné et ne sera repris (par Benoît) que plus tard, une fois élucidée le rôle du foie.

Nous avons vu (dans le tableau 2) qu'avec un document présentant des résultats similaires à ceux obtenus par Claude Bernard les élèves ont pu avancer l'idée que le foie doit jouer le rôle de réserve. La comparaison entre le taux du glucose entrant et sortant du foie a permis aux élèves de construire la nécessité de la rétention du glucose par le foie. En mettant en tension le registre empirique et le registre des modèles, Virginie a établi l'existence d'une réserve de glucose dans le foie, réserve mobilisable dans la régulation de la glycémie.

Le troisième document étudié représente la réaction glucose/glycogène. Une fois la nature et la localisation de glycogène connue, Cécile peut conclure en I61 : « *En fait le contenant de la réserve c'est le foie et le contenu de la réserve c'est le glycogène* ». Les élèves comprennent que le rôle de réserve du foie est lié à la possibilité d'obtenir du glucose à partir du glycogène. Cette donnée qui prend le statut d'une contrainte empirique permet la construction de la nécessité d'une fonction de déstockage ou de production de glucose.

152 – Cécile : *Il doit avoir une fonction/le glycogène hein/*

153 – Benoît : *Faire du glucose/*

(...)

155 – Virginie : *Mais c'est la synthèse/ben oui c'est la réserve// grâce à ça on peut faire de nouveau du glucose en fait (...)*

Ainsi ce groupe d'élèves a partiellement défini la fonction de correction ou d'effecteur qui consiste, dans le cas de la glycémie, en une action sur les réserves de glucose du foie. Benoît complète cette idée en mettant en évidence la nécessité d'un stockage par une reprise de l'observation de départ.

252 – Benoît : *Un repas mais ça grossit/mais parce qu'il y a plus de glucose donc les réserves elles grossissent/*

(..)

278 – Benoît : *Alors/vous avez compris comment ça marche là/à quoi ça servait/pourquoi ça grossit/*

Les interventions de Benoît montrent qu'il applique un élément du modèle (la mise en réserve) à la régulation du taux de glucose. L'augmentation de taille des granules de glycogène dans les cellules hépatiques est une contrainte empirique et Benoît met cette contrainte en relation avec le présupposé théorique de l'existence d'une réserve de glucose. La nécessité d'un stockage du glucose après une augmentation de la glycémie se dégage de cette mise en relation. Ainsi, l'interprétation du premier document n'acquiert une signification, pour le groupe, qu'après une longue suite d'échanges faisant intervenir les deux registres RE et RM.

5. Discussion

Dans cet exemple, à la différence des recherches concernant la problématisation réalisées par Fabre et Orange, nous abordons la construction du problème avec des élèves qui connaissent déjà un modèle théorique. En essayant d'appliquer le modèle préalablement établi, les élèves mettent en interaction le registre empirique et le registre des modèles. Tout au long du débat, nous avons, en effet, remarqué des va-et-vient entre les deux registres. L'exploitation des documents a constitué une occasion pour les élèves d'améliorer leur compréhension du modèle cybernétique. De même, une connaissance plus approfondie du modèle cybernétique a représenté une condition nécessaire à la construction du registre empirique.

Si nous adoptons la définition de Orange *et al.* (1999, p.108) qui présente la problématisation comme une construction conjointe de contraintes empiriques et de nécessités des modèles, nous pouvons conclure que, dans cet exemple, les élèves ont pu mettre en jeu un espace-problème concernant la réserve et l'effecteur dans le cas de la régulation de la glycémie. Les élèves ont identifié plusieurs contraintes empiriques à partir desquelles ils ont pu construire des nécessités au niveau du modèle.

Du point de vue de la problématisation, ce débat a donné l'occasion d'insister sur certaines contraintes du modèle comme la nécessité d'une relation entre l'effecteur et la réserve. Cette contrainte en évoque une autre plus globale, celle

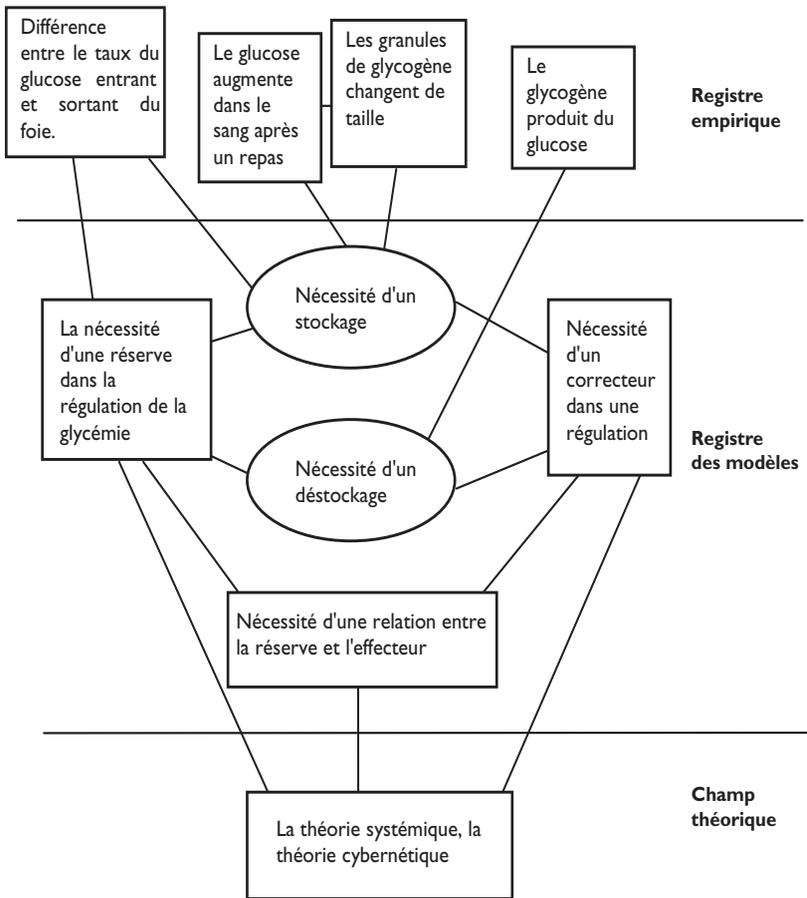
d'interactions nécessaires entre les différentes parties d'un système de régulation. De plus, ce débat a donné la possibilité aux élèves de préciser d'autres nécessités comme la fonction de correction ou d'effecteur qui se manifeste dans la régulation de la glycémie par des actions de stockage et de déstockage de glycogène dans le foie. Nous devons mentionner que dans les deux cas de régulation (niveau de l'eau et glycémie), la correction du taux se fait par action sur les réserves et donc par un transport de matière, ce qui a peut-être facilité la tâche des élèves. S'ils devaient étudier un autre phénomène comme la régulation de la température interne, la fonction d'effecteur se manifesterait d'une autre façon (en faisant intervenir un transport d'énergie). Ainsi certaines nécessités du modèle cybernétique pourraient être révisées selon le type de régulation étudié. Nous pouvons aussi voir se révéler de nouvelles nécessités que ne prend pas en compte le modèle cybernétique comme celles liées au milieu intérieur. En physiologie, la nécessité de la préservation de l'équilibre du milieu intérieur est plus globale et plus fondamentale que la nécessité du maintien d'une valeur de référence. La notion du milieu intérieur est capitale pour penser la régulation en physiologie (Schneeberger, 1992 ; Orange, 1997).

À travers les activités proposées par l'enseignant, les élèves ont eu l'occasion de faire fonctionner un modèle imposé dans le but de leur donner une référence commune. Ainsi l'interprétation des documents permettait de dégager des contraintes empiriques dont la pertinence a pu être interrogée à la lumière des nécessités sur le modèle précédemment établies. Par ailleurs, le professeur a imposé un travail de groupes organisé de telle façon que les élèves devaient construire une argumentation valide, susceptible de convaincre les élèves des autres groupes. Cette tâche n'est pas aisée pour les élèves et elle passe parfois par des phases de tâtonnement. Nous avons ainsi remarqué que le groupe citait plusieurs cas possibles de mise en relation entre les deux registres avant d'arriver à construire une relation pertinente. Cette activité n'a pas été accompagnée de conflits entre les élèves ; elle s'est basée au contraire sur la coopération. Il n'est cependant pas possible d'affirmer que les élèves sont arrivés au même niveau de construction du problème.

Les relations établies par les cinq élèves du groupe à l'issue du débat peuvent être représentées par l'espace de contraintes de la figure 4.

Cet exemple montre comment un groupe d'élèves parvient à s'approprier un modèle et à le faire fonctionner pour construire des explications nouvelles. Il ne montre pas pour autant qu'en faisant ce travail, les élèves renoncent à leurs représentations premières sur le fonctionnement de l'organisme. Cependant, il permet d'amorcer un changement dans leur façon de penser les phénomènes de régulation et ainsi de leur donner des outils intellectuels plus performants pour aborder l'étude des cas pathologiques comme le diabète.

Figure 4. Espace de contraintes représentant les points problématisants mis en jeu par un groupe d'élève de première S



6. Conclusion

L'étude de la régulation de la glycémie, inscrite au programme de lycée (en France et en Tunisie), exige le recours au modèle cybernétique, qui constitue le modèle de référence pour expliquer les phénomènes de régulation.

Dans le cas étudié, le professeur a choisi d'introduire ce modèle formel à partir d'un modèle analogique (la régulation du niveau de l'eau dans un récipient). Les observations réalisées ont montré que les élèves sont capables, d'une part, d'appréhender correctement le modèle cybernétique et, d'autre part, de le faire fonctionner dans le cas de la régulation de la glycémie.

En faisant l'expérience d'une vision systémique du vivant, ils sont amenés à prendre conscience des limites de leurs conceptions premières, le plus souvent

animistes ou vitalistes. Tous les élèves de cette classe n'ont pas pour autant réussi à s'approprier ce modèle du vivant comme en témoigne leur difficulté à analyser une situation nouvelle (posttest) en faisant appel au concept de rétrocontrôle.

L'analyse du débat entre les élèves lors des activités de modélisation révèle la construction par les élèves d'un ensemble de points problématisants (figure 4) concernant le phénomène de régulation. Nous pensons que les activités de modélisation ont favorisé la problématisation, processus indispensable à la construction d'un savoir scientifique. En effet, une connaissance questionnée est une connaissance qui s'oppose à l'opinion (Bachelard, 1938) et à la connaissance commune. Ces activités de modélisation sont liées à des échanges entre pairs, organisés dans des dispositifs contrôlés par l'enseignant. Cet exemple montre la nécessité d'accorder aux élèves le temps nécessaire pour construire eux-mêmes des explications à partir des outils intellectuels mis à leur disposition. De telles études montrent l'intérêt, mais également les limites, de situations d'enseignement-apprentissage laissant une place aux débats scientifiques.

D'autres études doivent être conduites en Tunisie pour préciser ce qui peut aider les élèves à construire des connaissances problématisées proches des connaissances scientifiques, contrairement aux conceptions antérieures des élèves. ■

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements à Marcelle Goix, professeur de SVT au lycée Pape-Clément de Pessac, qui a accepté d'ouvrir sa classe et qui a facilité la conduite des observations.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BAKHTINE M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.
- BAYRUBER H. & SCHAEFER G. (1978). *Kybernetische Biologie*. Kiel : IPN.
- BERNARD C. (1878-1879). *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris : Baillière.
- CANGUILHEM G. (1968). Vie. In *Encyclopaedia Universalis*.
- CANGUILHEM G. (1996). La régulation. In *Encyclopaedia Universalis*.
- DOUAIRE J. (Coord.) (2004). *Argumentation et discipline scolaire*. Paris : INRP.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction de problèmes et franchissements d'obstacle. *Aster*, n° 24, p. 37-57.

- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- JACOB F. (1970). *La logique du vivant*. Paris : Gallimard.
- JEBBARI S. (1994). *Schéma et schématisation : étude de quelques difficultés des élèves en biologie*. Thèse de doctorat en didactique des sciences, université Denis-Diderot–Paris 7, Paris.
- MARTINAND J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on titrer des travaux dans la perspective du développement de curriculum ? In J.-L. Martinand (dir.). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP, p. 115-125.
- ORANGE C. (1994). Les modèles de la mise en relation au fonctionnement. In J.-L. Martinand (dir.). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP, p. 25-43.
- ORANGE C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : PUF.
- ORANGE C., BEORCHIA F., DUCROCQ P. & ORANGE, D. (1999). « Réel du terrain », « Réel de Laboratoire » et construction de problèmes en sciences de la vie et de la Terre. *Aster*, n° 28, p. 107-129.
- POULAIN N. (1996). *Histoire du diabète sucré : des origines à la découverte de l'insuline*. Thèse de doctorat, université Henri-Poincaré–Nancy I, Nancy.
- RUMELHARD G. (dir.) (1994). *La régulation en biologie, approche didactique : représentation, conceptualisation, modélisation*. Paris : INRP.
- SCHNEEBERGER P. (1992). *Problèmes et difficultés dans l'enseignement d'un concept transversal : le concept de la régulation*. Thèse de doctorat en didactique des sciences, université Denis-Diderot–Paris 7, Paris.
- SCHNEEBERGER P. (1994). Place des modèles dans l'enseignement du concept de régulation. In G. Rumelhard (dir.). *La régulation en biologie, approche didactique : représentation, conceptualisation, modélisation*. Paris : INRP, p. 131-164.
- WALLISER B. (1977). *Systèmes et modèles : introduction critique à l'analyse des systèmes*. Paris : Éd. du Seuil.

ANNEXE I. Le prétest

Question 1 :

Qu'est-ce qui se passe quand on donne du sucre à une personne évanouie ? Expliquez le phénomène par un texte et un schéma.

Question 2 :

Après un repas, le taux de glucose peut atteindre 1,2 gramme par litre.

Après une activité sportive, le taux de glucose dans le sang peut s'abaisser jusqu'à 0,6 gramme par litre.

Et pourtant le corps humain garde la concentration du glucose dans le sang très proche de la valeur 1 gramme par litre.

Comment le corps fonctionne pour maintenir cette valeur constante ?

Question 3 :

Pendant la nuit, l'organisme jeûne pendant huit heures.

Expliquez (sous forme de texte et de dessin) l'évolution de la glycémie pendant la nuit.

Question 4 :

Si vous deviez expliquer à un camarade : « Qu'est ce que le diabète ? », que diriez-vous ?

Question 5 :

Classez les causes possibles du diabète de 1 à 5

Avoir un parent diabétique
Les sucreries
L'obésité
Le stress
L'état psychologique

Argumentez vos choix.

Quelles sont les sources de vos informations ?

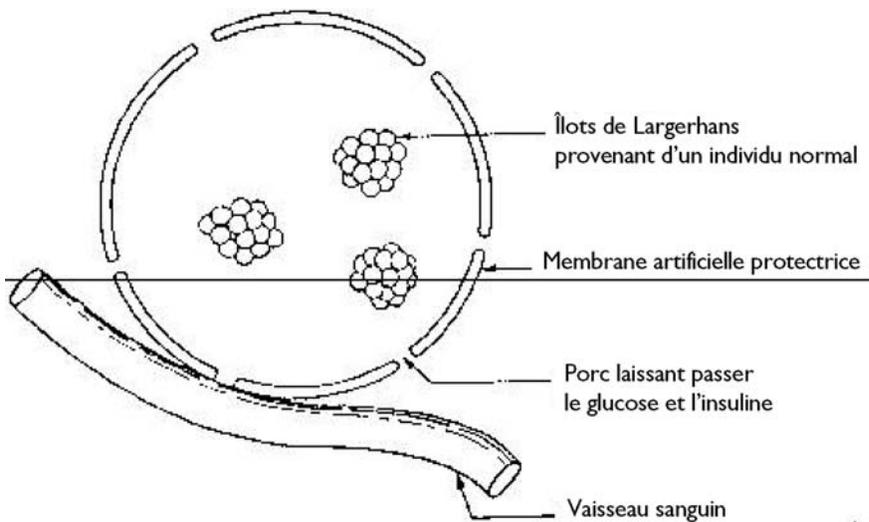
Question 6 :

À quelle(s) questions voudriez-vous que le cours réponde ?

ANNEXE 2. Le posttest

Question 1 :

Le diabète insulino-dépendant se caractérise par l'incapacité qu'a le pancréas de sécréter l'insuline. Cette maladie se traite par des injections répétées d'insuline. Un nouveau traitement actuellement à l'étude est la greffe d'un pancréas bio-artificiel dont le principe est présenté sur le document. Des îlots de Langerhans d'un individu normal sont déposés à l'intérieur d'une capsule formée par une membrane artificielle perméable au glucose et à l'insuline mais pas aux cellules responsables de rejet de greffe. La capsule greffée au contact d'un vaisseau sanguin assure un traitement efficace de la maladie pendant plusieurs années.



Expliquez pourquoi le pancréas bio-artificiel assure une meilleure régulation de la glycémie que l'injection répétée d'insuline.

Accompagnez votre explication de deux schémas qui rendent compte des deux situations proposées.

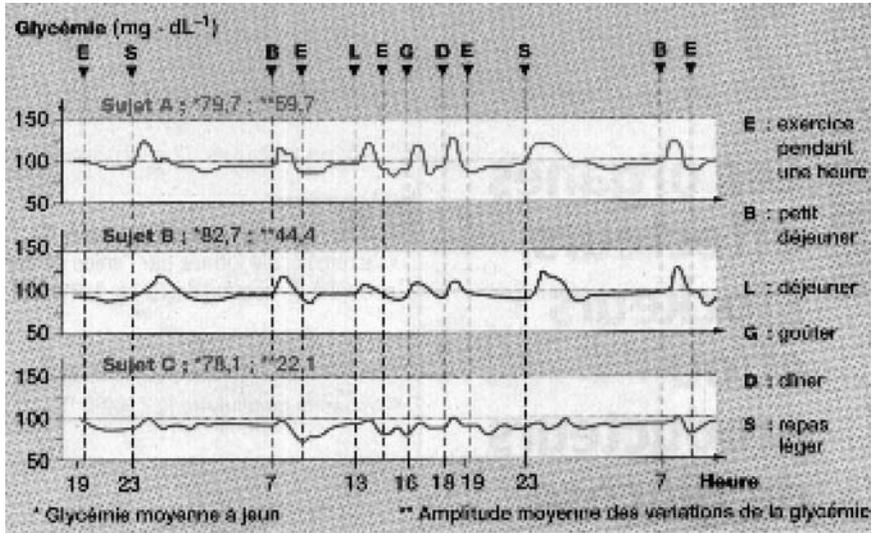
Question 2 :

Au repos, un animal privé d'hypophyse, de pancréas, de glandes surrénales, recevant une alimentation appropriée et maintenu dans une atmosphère à la neutralité thermique, présente une glycémie constante. Il existe une régulation élémentaire.

Pour une faible demande énergétique, la glycémie est réglée par la vitesse d'utilisation du glucose.

Ces données sont-elles en accord avec ce que vous avez étudié en cours ? Argumentez votre réponse. Que pouvez-vous conclure ?

ANNEXE 3. Variation de la concentration du sang en glucose (glycémie) chez trois individus de phénotype normal (© Hatier)



Analyse des arguments de jeunes élèves tunisiens de la fin du secondaire autour d'un débat socio-éthique en génie génétique

Neïla Chalghoumi Trabelsi, ISEFC, Tunis ; neila_trabelsi@yahoo.fr

Laurence Simonneaux, ENFA, Toulouse ; laurence.simonneaux@educagri.fr

Cette recherche s'inscrit dans une approche socioscientifique du génie génétique impliquant la prise en compte des controverses sociales et des questions socio-éthiques que suscitent ces applications dans la société. Nous nous sommes proposés d'introduire un dilemme socio-éthique au cours d'un débat argumenté dans le but d'améliorer la compréhension conceptuelle des élèves, d'analyser leurs argumentations et d'étayer leurs prises de position. Le débat porte sur une situation fictive concernant le dépistage prénatal de la drépanocytose en Tunisie. Pour approcher le travail cognitif à partir des échanges langagiers entre élèves, nous avons analysé leurs argumentations en nous référant à la théorie des opérations logico-discursives de Grize.

L'analyse des arguments met en évidence le rôle des échanges argumentatifs comme moteurs de mobilisation et de co-construction des connaissances chez les apprenants. À l'issue du débat, les élèves acceptent majoritairement le dépistage, mais s'opposent à l'avortement. Les arguments religieux, sociaux et éthiques qui fondent leurs prises de position sont prédominants.

Le génie génétique, qui fait partie du curriculum tunisien de biologie, est en plein développement surtout depuis le programme du décryptage du génome humain. Les savoirs relatifs au génie génétique présentent de nombreuses répercussions socio-éthiques qui peuvent interpeller l'apprenant tunisien en tant que citoyen dans sa vie de tous les jours. En effet, la manière dont l'éducation scientifique est conçue et mise en œuvre aujourd'hui, en termes de contenus, de méthodes et de stratégies d'apprentissage ne permet pas de répondre de manière satisfaisante à un ensemble de défis actuels : introduction dans le curriculum de savoirs

scientifiques émergents et situés sur le front de la recherche (comme certaines applications sociétales du génie génétique), complexité et interdisciplinarité, dimension éthique et sociale de la science, enjeux de citoyenneté...

L'éducation scientifique actuelle fait apparaître la science comme un assemblage de savoirs, manquant de cohérence et de pertinence, et accordant surtout de l'importance aux contenus, souvent enseignés en dehors de tout contexte. Cette inadéquation entre les enjeux éducatifs de l'école, les besoins et les intérêts des élèves, futurs citoyens, contribue peut-être à la désaffection des jeunes pour les filières scientifiques. Ne pas répondre à leurs questions et traiter les sujets de manière abstraite et sous forme de contenus décontextualisés à apprendre, induit une très grande difficulté d'appropriation des connaissances en sciences d'une façon générale et en génie génétique plus particulièrement, ce que montrent de nombreuses recherches en didactique. Il est donc nécessaire de repenser les pratiques d'enseignement scientifique afin de présenter les savoirs scientifiques comme des constructions sociales et surtout de prendre en compte leurs applications sociétales potentielles pour en faire des savoirs opérants. Ce changement des pratiques d'enseignement dans une perspective socioconstructiviste donne une place prépondérante aux pratiques discursives et surtout à l'argumentation. Dans ce contexte, Driver et Newton (2000) soulignent que l'argumentation doit avoir un rôle prépondérant dans l'éducation scientifique : « *If science is to be taught as a socially constructed knowledge then this entails giving a much higher priority than currently the case to discursive practices in general and to argument in particular.* ». Dans notre recherche, nous nous intéressons aux applications sociétales du génie génétique et aux nombreuses questions ou dilemmes socio-éthiques qu'elles suscitent. Nous nous proposons de comprendre comment les échanges argumentatifs concernant des dilemmes socioscientifiques liés au génie génétique sont utilisés comme moteurs de co-construction des connaissances chez les apprenants. Nous analyserons les propositions des élèves engagés dans des débats argumentés en classe à propos d'un dilemme socio-éthique : le dépistage prénatal de la drépanocytose.

Dans ce cadre là, plusieurs questions orientent notre recherche :

– dans quelle mesure le débat à propos de dilemmes socioscientifiques permet-il, à travers les interactions langagières, une co-construction de connaissances chez les élèves ? ;

– dans quelle mesure les élèves mobilisent-ils les savoirs préalablement étudiés en génie génétique au cours du débat ? ;

– sur quels critères les élèves étayent-ils leurs prises de position à propos des questions porteuses de répercussions sociales (les fondent-ils sur les connaissances, sur des arguments sociaux, éthiques ou religieux...) ?

1. Articulation didactique/éducation au génie génétique

Notre approche se situe dans le contexte de l'enseignement de savoirs scientifiques situés sur le front de la recherche et qui présentent des implications sociales incontournables. Les savoirs relatifs au génie génétique s'intègrent dans un contexte social riche qui nous servira de support pédagogique pour aider les élèves dans la co-construction de connaissances. Ces savoirs nous ont semblé bien se prêter à ce projet en faveur d'une éducation au génie génétique¹ entendue comme devant répondre aux questionnements des apprenants et à leurs attentes à travers des débats argumentés à propos de dilemmes socio-éthiques. Comme le précise Astolfi (1992), au sujet de l'éducation relative à l'environnement, l'éducation au génie génétique pourrait être l'occasion « *d'une conceptualisation de notions biologiques* ». Cela permettrait de conférer un caractère opératoire aux notions relatives au génie génétique. Notre approche est cognitive puisqu'il est question de mobiliser des savoirs relevant du génie génétique. De ce fait, et comme le propose Simonneaux (2003), la didactique de la biologie alimente bien l'éducation au génie génétique. Mais l'éducation au génie génétique n'est pas seulement cognitive dans ces situations fictives mais aussi « authentiques », elle est aussi affective et éthique puisqu'elle prend en compte les valeurs accordées aux objets de savoir par les apprenants.

2. Cadre théorique de la recherche

2.1. Les questions scientifiques socialement vives

Notre recherche s'inscrit dans une approche socioscientifique du génie génétique impliquant la prise en compte des controverses sociales et les questions socio-éthiques que suscitent certaines de ses applications dans la société. De nombreux didacticiens au niveau mondial ont introduit la notion de « *socio-scientific issues* » (SSI) pour décrire des dilemmes sociaux liés à des domaines scientifiques (Kolstoe, 2001 ; Gayford, 2002 ; Zeidler, Zalker, Ackett & Simmons, 2002 ; Sadler & Zeidler, 2004). Ces dilemmes socio-éthiques reposent sur des questions qui suscitent des controverses et qui ont des implications dans plusieurs domaines : biologique, social, éthique, environnemental... Notre recherche se situe aussi dans une perspective socioconstructiviste où la science est désormais considérée comme un savoir socialement construit qui s'inscrit dans la société. Parmi les stratégies didactiques recommandées pour appréhender l'enseignement des questions sociobiologiques figurent les débats en classe (Geddis, 1991 ; Solomon, 1992 ; Gayford, 1993 ; Jimenez Aleixandre, Pereiro Munoz & Aznar Cuadrado, 1998 ; Kolstoe, 2000 ; Driver, Newton & Osborne, 2000 ; Sonora Luna, Garcia-Rodeja,

¹ Nous parlons d'éducation au génie génétique comme il est question d'éducation à la santé ou d'éducation relative à l'environnement.

Gayoso & Branas Perez, 2000 ; Osborne, Erduran, Simon & Monk, 2001 ; Simonneaux, 2001, 2003). Dans le contexte de notre recherche, l'introduction de débat en classe dans le cadre de l'enseignement des sciences vise à améliorer, chez les apprenants, la compréhension de savoirs relatifs au fonctionnement de leurs corps et qui pourront faire émerger chez eux des questionnements. Le débat fonde un processus de *socialisation* et un mode collectif d'*élaboration de savoirs*. Notre but est donc de comprendre comment les échanges argumentatifs concernant des dilemmes socioscientifiques du génie génétique sont utilisés comme moteur de co-construction des connaissances par les apprenants et de voir sur quels critères ils étayaient leurs prises de position. Pour cela, nous allons d'abord présenter les outils qui nous ont permis d'analyser l'activité langagière des élèves, puis ceux permettant la compréhension de leurs argumentations.

2.2. Des outils pour analyser l'activité langagière des élèves : les outils de Grize

Dans notre recherche, le débat est étudié à partir de l'interactionnisme socio-discursif où la langue est considérée comme une activité en relation avec les situations sociales dans lesquelles elle est produite, ici le débat argumenté à propos d'une application du génie génétique. Nous nous intéressons au débat avec l'approche de Bronckart (1996) qui envisage l'activité de production langagière comme étant le résultat d'actions langagières analysables.

Pour comprendre le travail cognitif à partir des échanges langagiers entre élèves, nous nous référons à la théorie des opérations logico-discursives de Grize (1996). Grize définit le concept de « *schématisation* », concept-clé de sa logique naturelle, comme une « *représentation discursive orientée vers un destinataire de ce que son auteur conçoit ou imagine d'une certaine réalité* ». Les schématisations sont des systèmes de signes qui ne sont pas coupés du monde des choses. C'est le propre des notions sur lesquelles une schématisation travaille, elles sont ouvertes, et toujours susceptibles d'évoluer. Les données extérieures aux signes (leurs référents) sont des « *unités culturelles* » inscrites dans la représentation sociale. Quand il propose une schématisation, le locuteur doit « *sélectionner les traits pertinents de son référent* » en fonction de la finalité qu'il vise et des attentes qu'il prête à son auditoire (1996, p. 50).

Grize postule que le discours construit des notions qui relèvent à la fois des objets, des signes et des référents auxquels ils renvoient. Cette construction de notions est une véritable co-construction où se conjuguent les points de vue du locuteur et de l'interlocuteur. Cette approche nous permettra de rendre compte de la co-construction de connaissances par les élèves. La définition de la schématisation discursive donnée par Grize en fait à la fois un processus et un résultat. C'est un processus dans le sens où c'est une construction de sens par le locuteur et une reconstruction par les autres locuteurs. C'est aussi un résultat, puisque la

schématisation permet de voir non les représentations du locuteur, mais les « *images schématisées* » qui sont des actualisations discursives de ces représentations. Selon Grize, la schématisation permet de rendre compte des « *opérations d'objets et de sujets* ». Les opérations d'objet permettent une analyse globale du discours. Elles recouvrent le travail sur le sens donné aux termes et sur la détermination des objets posés comme thèmes du discours. Au fur et à mesure du développement de l'échange, les classes d'objets évoluent, s'enrichissent par ajout de termes nouveaux à travers les reformulations, les déplacements de thématisation, les changements d'éclairage : c'est ce qui fonde une co-construction de connaissances. Pour les opérations de sujet, il s'agit de sujets énonciateurs qui s'engagent, prennent en charge une détermination de l'objet de discours et l'interprètent. Ces opérations sont complexes dans la mesure où elles doivent rendre compte des prises en charge par l'énonciateur et de leur évolution au long du discours. Pour Grize (1996) : « *Ces opérations de sujet permettent une analyse plus fine, concernent la détermination des jugements (modalisation, mode de prise en charge des énoncés par les locuteurs) et leur évolution tout au long du discours* ».

2.3. Des outils pour comprendre les arguments des élèves

Nous avons choisi d'analyser l'argumentation des apprenants en nous appuyant sur la « *logique naturelle* » de Grize (1996) qu'il définit comme « *l'étude des opérations logico-discursives qui permettent de construire et de reconstruire une schématisation* ». Cette logique est caractérisée par deux propriétés. D'une part, elle prend en compte le dialogue entre les interlocuteurs et d'autre part, c'est une logique d'objets : « *l'activité de discours sert à construire des objets de pensée qui serviront de référents communs aux interlocuteurs* » (1990, p. 22). C'est cette dimension de co-construction d'objet de discours qui a influencé notre choix pour l'analyse des interactions argumentatives des apprenants. Nous avons eu recours aux catégories proposées par Grize pour qualifier les différentes opérations qui interviennent dans le processus de schématisation. Parmi les indicateurs linguistiques de cette catégorisation définie par Grize, nous avons retenu ceux qui permettent de rendre compte d'une co-construction de connaissances et qui sont les suivants :

- ceux qui signalent l'ancrage énonciatif des discours (narration, récit conversationnel, discours théorique ou discours en situation) ;
- des configurations qui constituent les genres textuels (explication, problématisation...)
- la construction de référence à travers une multitude d'opérations : des opérations *d'orientation de l'interlocution* sur la connaissance de l'objet (nommer, identifier, caractériser, exemplifier, lister, hiérarchiser, résumer...), des opérations de *référenciation* par répétition pure et simple ou par anaphore grammaticale (pronom). Toutes ces opérations sont susceptibles de modifier (donc de co-construire)

l'objet de discours commun et jouent donc un rôle essentiel dans la construction des connaissances.

Différentes méthodes d'analyse des argumentations en éducation scientifique ont été proposées. Le modèle de Toulmin (1958) a fourni un cadre d'analyse de l'argumentation pour certains didacticiens des sciences (Kelly, Druker & Chen, 1998 ; Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodriguez & Duschl, 2000 ; Sonora Luna, Garcia-Rodeja, Gayoso & Branas Perez, 2000...). Le schéma de base du modèle de Toulmin est le suivant : à partir de données, on peut supposer des conclusions. La relation de passage entre les données et les conclusions s'appuie sur des garanties qui ont un fondement. Pour analyser les argumentations des élèves, nous avons d'abord eu recours au modèle de Toulmin. Ce dernier nous a permis de définir les garanties qui justifient le passage entre les données et la conclusion. Elles constituent les domaines de savoirs ou les références sociales sur lesquels se fondent les arguments des élèves. Mais le modèle de Toulmin s'est avéré inadéquat pour l'analyse de l'argumentation des élèves au cours du débat puisqu'il ne prend pas en compte la dimension dialogique (Brassart, 1987 ; Golder, 1996) de ce type de situations. L'approche de Toulmin est monologique, dans le sens où elle se focalise sur les relations structurelles entre les arguments, sans rendre compte des aspects cognitifs et surtout sociaux liés aux interactions langagières.

Le débat porte sur un dilemme socio-éthique, le dépistage génétique, qui touche plusieurs domaines à la fois : le domaine de l'affect, du social, de l'éthique et de la morale. Pour l'analyse des arguments faisant appel au domaine de l'affect nous avons été confrontées à une difficulté majeure : aucune des théories généralisées de l'argumentation, orientées vers la linguistique de la langue et de la logique naturelle, développées depuis les années 1970 (Ducrot, Grize) n'accordent d'importance au problème des affects. Selon Plantin (2005), il existe trois traitements de l'émotion en argumentation : une vision des affects comme essentiellement fallacieux, une théorie du parallélisme qui englobe les émotions dans un « *module émotionnel* » parallèle au « *module logique* » et enfin la thèse de l'indiscernabilité. Nous adhérons à cette dernière thèse selon laquelle il est impossible de construire un point de vue sans y associer un affect. Cette dernière position part du constat qu'il y a irréductiblement de l'émotionnel dans toutes situations argumentatives. Ainsi, pendant la progression des échanges argumentatifs, les locuteurs adhèrent à leurs discours, leurs valeurs sont en jeu, ils doutent devant un contre argument, ressentent le stress en construisant la justification de leurs points de vue, de l'agressivité et de l'irritation contre les positions rivales...

Avant d'analyser les arguments éthiques et moraux, il convient en premier lieu de s'entendre sur le sens des mots éthique et moral. Nous nous rallions à la définition et à la distinction qu'en fait Ricœur (1990). Cet auteur parle de l'éthique en tant que « *visée de la vie bonne, avec et pour autrui, dans des institutions justes* ». Il définit la morale comme une « *articulation de cette visée dans des normes* »

caractérisées à la fois par la prétention à l'universalité et par un effet de contraintes ». Il distingue ainsi une perspective téléologique de l'éthique, c'est-à-dire fondée sur la fin, et la perspective déontologique définissant la morale. Ansperger, Larrère et Ladrière (2001) expliquent cette définition : « l'expression "visée de la vie bonne" [...] fait référence à la durée et au projet. Elle renvoie au désir d'accomplissement et de réalisation de soi qu'il revient à chacun de prendre en charge. L'expression "avec et pour autrui" renvoie à la responsabilité de chaque individu vis-à-vis de l'humanité telle qu'elle se réalise en lui, mais aussi dans les autres [...]. L'expression "dans des institutions justes" renvoie enfin à la nécessité d'une médiation pour mettre en œuvre la réciprocité, dès lors que le cadre de la relation interpersonnelle directe est dépassé. Cette médiation doit être assurée par des institutions vis-à-vis desquelles la position de chacun est équivalente, ce qui les qualifie comme justes. »

Dans l'analyse des arguments éthiques nous avons eu recours à la méthode de Hossle (2000) fondée sur l'existence de deux traditions éthiques, à savoir l'éthique téléologique qui considère que l'on doit faire une action parce que c'est bien, mais aussi parce que les conséquences sont bonnes, et l'éthique déontologique, qui considère que l'on doit faire une action parce que c'est un devoir, quelles que soient les conséquences. Cette dernière éthique se fonde sur des principes qui doivent être universels (la justice, la dignité humaine...). Nous avons distingué dans le discours des élèves ces deux types d'arguments téléologique et déontologique.

3. Méthodologie

3.1. Le recueil des données

Nous avons mis en place une stratégie didactique basée sur le débat argumenté autour d'une situation fictive. Le premier auteur de cet article a animé le débat qui a eu lieu avec un groupe d'élèves de niveau de classe de terminale. Nous avons procédé à un enregistrement intégral (vidéo et audio) des échanges entre les élèves participant au débat pour le retranscrire et réaliser une analyse détaillée du corpus recueilli. Cette analyse comporte quatre grands volets : une analyse macroscopique du débat, une analyse microscopique, une analyse des arguments et enfin une analyse de l'évolution des objets de discours.

• Le public

Notre étude est qualitative et le public auquel nous nous intéressons est constitué de 24 élèves mixtes ayant un âge compris entre 18 et 19 ans. Ces élèves sont de niveau de classe de terminale (4^e année secondaire, section sciences expérimentales) de la région de Tunis. En cours de biologie, ils ont déjà étudié les concepts de base de la génétique et du génie génétique. Ils appartiennent à la même classe et ont donc l'habitude de travailler et discuter ensemble. Cela instaure un climat de confiance qui autorise les élèves à exprimer leurs avis sans crainte d'être

jugés ou évalués négativement. Ainsi, leurs réflexions sont plus libres et ils peuvent exprimer leurs points de vue sans trop de retenue et sans avoir peur de se tromper.

- **Le dispositif**

Pour pouvoir collecter des informations en vue d'une investigation approfondie, il faut créer un contexte pour mettre les élèves en situation de résolution de problème ou « situations à débattre » comme le propose Simonneaux (2000). Les situations proposées peuvent être classées dans le champ des *situations problèmes* au sens large. S'appuyant sur les propos de Robert (1999) concernant les *situations problèmes*, Simonneaux (2000) définit les conditions nécessaires pour l'élaboration de ces « situations à débattre » : « Deux types de facteurs interviennent dans leur élaboration (on parle d'ingénierie didactique), notamment pour la conception du problème initial : des contenus, à choisir soigneusement, en association intime avec une gestion précise, comprenant différents moments bien distincts ». La « situation à débattre » que nous avons utilisée dans notre recherche correspond à cette description. Il s'agit d'un scénario issu d'une ingénierie didactique dans lequel les contenus et la gestion des activités ont été réfléchis et anticipés.

Pour la construction de la situation fictive support au débat argumenté, à propos du diagnostic prénatal de la drépanocytose, nous nous sommes inspirées d'une situation proposée à partir des travaux de l'EIBE² sur le dépistage génétique des maladies génétiquement transmissibles. Ensuite il s'agit d'ajuster cette situation en l'adaptant au contexte conceptuel et social des élèves.

Le scénario de la situation se présente comme suit : « Monsieur et Madame Mohamed savent que dans chacune de leurs deux familles existent des antécédents d'une maladie génétique assez grave appelée la drépanocytose. Lorsque la mère Monia, apprend qu'elle est enceinte, elle demande à son médecin s'il existe un test génétique permettant de savoir si le fœtus qu'elle porte est atteint de la maladie, sinon s'il est porteur de cette maladie génétique. Le médecin de la famille lui apprend que ce test existe, il s'agit du test de dépistage génétique ou diagnostic prénatal. Il leur annonce cependant que cette intervention présente un risque de fausse couche (environ 1 sur 500). La mère est incertaine, elle ne sait pas ce qu'il faut faire. Elle décide alors de demander l'avis de la famille et de leurs amis pour avoir leurs points de vue et pouvoir par la suite prendre une décision. »

- **La mise en œuvre du débat**

En amont de la situation de débat, nous avons prévu l'apport d'un certain nombre d'informations. Cet apport a consisté en la distribution d'une documentation comportant des éléments scientifiques relatifs à la drépanocytose,

2 EIBE : *European Initiative for Biotechnology Education* : initiative européenne pour l'éducation aux biotechnologies. La situation est inspirée du module 7 concernant le sujet : génétique humaine : un débat éthique à propos d'un problème personnel (1996).

ainsi que des informations concernant le test de dépistage génétique de cette maladie.

Après avoir exposé la situation fictive, nous avons aidé les élèves, par une série de questions, à construire eux-mêmes la problématique du débat. Ce questionnement permet une « *dévolution du problème* » selon l'expression de Brousseau (1987). Elle permet aux élèves de se représenter la situation comme discutable puisqu'elle a été construite par eux sous le guidage du chercheur. La problématique construite par les élèves est la suivante : « Pensez-vous que la mère doit procéder au dépistage génétique de la drépanocytose chez son enfant ? Si le test de dépistage génétique s'avère positif et que le bébé est atteint de la drépanocytose, la mère doit-elle ou non avorter ? ».

Nous avons demandé aux apprenants de réagir vis-à-vis de cette problématique et d'exprimer des points de vue argumentés à propos du dépistage génétique de la drépanocytose, puis à propos de l'avortement au cas où l'enfant serait atteint par cette maladie génétique.

Pour dépasser l'obstacle de la langue chez les élèves, nous leurs avons demandé de s'exprimer aussi bien en français qu'en arabe. En effet, nous voulions éviter que les élèves ne répètent leur cours à travers leurs justifications.

Dans ce type de stratégie didactique l'enseignant est obligé de changer de posture. Il devient le gestionnaire du débat au lieu d'être le détenteur du savoir. Une récente recherche en Angleterre (Oulton *et al.*, *in review*) montre que pour traiter des questions controversées comme le diagnostic prénatal ou l'avortement, les enseignants estiment qu'il convient :

- de mettre l'accent sur la rationalité, le raisonnement, de s'attacher aux faits ;
- de présenter différents points de vue ;
- que l'enseignant reste neutre.

Cependant, la question de la neutralité de l'enseignant au cours de l'animation du débat demeure une question délicate. Kelly (1986) fut parmi les premiers chercheurs qui se sont penchés sur le débat concernant les questions controversées en classe. Il a envisagé quatre postures des enseignants : la neutralité exclusive, la partialité exclusive, l'impartialité neutre et l'impartialité engagée.

En animant le débat, nous avons tenu à ce que notre rôle soit relativement limité. Tout en essayant de rester neutre, nous avons laissé les élèves aborder spontanément les différents thèmes suscités par la situation en établissant un système de guidage qui consiste soit à demander plus d'explications, soit à encourager ceux qui participent très peu ou bien à maintenir l'ordre. En somme, les thématiques abordées au cours du débat sont largement sous la responsabilité des élèves.

3.2. Les données recueillies et leur analyse

Nous avons procédé à un enregistrement intégral des échanges langagiers des élèves. Le débat a duré 105 minutes et le script obtenu compte 187 interventions.

À partir des transcriptions du débat, comme le soulignent Dumas-Carré et Weil-Barais (2000), « *des analyses sont possibles à différents "grains"* » : analyse macroscopique qui permet entre autres, d'identifier la dynamique des échanges et nous permet de choisir des épisodes qui seront soumis à l'analyse microscopique et une microanalyse d'épisodes au cours desquels un objet est en débat, ici le dépistage génétique de la drépanocytose. Pour analyser les interactions argumentatives des élèves, nous nous sommes donc basées sur le concept clé de la logique naturelle de Grize : la schématisation.

Le premier axe d'analyse est macroscopique. Il consiste à diviser le débat en unités sémantiques. Cela constitue un travail préliminaire qui permet une approche globale. Nous avons découpé le débat en grands épisodes correspondant à des thèmes particuliers. Les épisodes regroupent des unités sémantiques sur la même thématique. Cette analyse n'apporte pas d'éléments essentiels à l'analyse de l'argumentation proprement dite, mais sert de cadrage à une analyse plus fine. L'analyse macroscopique met en évidence la dynamique des échanges entre les participants au débat. Elle donne une indication sur l'ensemble des thématiques débattues et surtout celles qui sont récurrentes et ont un sens important pour les élèves.

Nous avons complété cette macroanalyse par une catégorisation des arguments émis par les participants au cours du débat. Il s'agit d'identifier les domaines de savoirs ou de références sociales sur lesquels les élèves ont fondé leur argumentation. Afin de pouvoir analyser la complexité du débat, nous avons aussi quantifié un certain nombre d'indicateurs : durée des discussions, nombre de tours de parole par minute, nombre de prises de parole de l'enseignant. Nous avons analysé les stratégies argumentatives ; nous avons distingué les déclarations sans justification, les argumentations simples comportant une seule justification, des stratégies plurielles comportant plusieurs justifications emboîtées ou linéaires.

L'analyse microscopique du débat, qui constitue le deuxième axe d'analyse, concerne l'étude des opérations langagières. Elle consiste à repérer le travail discursif de l'élève à travers :

- l'utilisation des modalisations qui sont des marques linguistiques par lesquelles l'énonciateur exprime sa plus ou moins grande adhésion à l'énoncé. Ces modalisations marquent également l'orientation d'un énoncé argumentatif ;
- les traces linguistiques de l'implication du sujet par la mise en évidence des modes de prise en charge des énoncés par les locuteurs, les types d'énoncés prescriptifs et axiologiques.

Dans le troisième volet d'analyse, nous avons analysé les arguments des élèves en réadaptant les catégories proposées par Grize pour qualifier les différentes opérations intervenant dans le processus de schématisation. Cette analyse des interactions langagières sert à cerner la mobilisation de connaissances antérieures ou la co-construction de nouvelles connaissances.

Le dernier axe d'analyse concerne l'évolution des objets de discours à la recherche des différents fondements qui étayent les prises de position des élèves vis-à-vis du diagnostic prénatal et de l'avortement.

4. Résultats et discussion

4.1. Analyse macroscopique du débat argumenté

• Quelques indicateurs

Tableau 1. Analyse globale de différents critères

	Débat
Durée en minutes	105
Nombre de tours de parole	187
Nombre de tours de paroles par minute	1,78
Nombre de prise de parole de l'enseignant	44

La durée du débat n'a pas été fixée au début, ainsi il s'est achevé lorsque la discussion entre les élèves s'est spontanément terminée. Nous avons remarqué que quelques élèves étaient tellement impliqués dans la situation fictive proposée qu'ils ont continué la discussion entre eux après la fin du débat. Zohar et Nemet (2000) considèrent que plus le nombre de tours de parole par minute est élevé, plus les arguments sont superficiels. Dans le cas de ce débat, ce nombre relevé dans le tableau 1 est faible, ainsi nous pouvons dire que l'argumentation développée par les élèves semble peu superficielle, sans doute parce qu'elle a été construite par rapport à leurs points de vue, contrairement à ce qu'on peut observer dans un jeu de rôle (Simonneaux, 2001). Mais ce critère ne peut pas, à lui seul, traduire la qualité de l'argumentation.

• Analyse des stratégies argumentatives

Tableau 2. Analyse des stratégies argumentatives

	Nombre de stratégies argumentatives
Stratégies plurielles (plusieurs justifications)	44
Arguments simples (une seule justification)	26
Déclarations sans justification	12
Nombre d'arguments fondés sur des données non valides	2

Les données présentées dans le tableau 2 montrent que les prises de paroles des élèves sont longues et complexes. Ainsi, les stratégies d'argumentation plurielles fondées sur plusieurs justifications emboîtées ou linéaires sont les plus nombreuses (44). L'utilisation récurrente par les élèves de ces stratégies argumentatives traduit leur grande implication dans le débat. Remarquons que les élèves utilisent 26 fois des arguments simples appuyés sur une seule justification alors qu'ils ne font que 12 déclarations sans justification.

À titre d'illustration d'une argumentation plurielle, voici un extrait de deux épisodes :

38 – E2³ : *Je suis d'accord, il ne faut pas avorter parce que c'est interdit par la religion de plus, ce n'est pas la faute du bébé s'il est malade. C'est plutôt la faute des parents qui savent qu'ils ont la maladie dans leurs deux familles et qui n'ont pris aucune disposition.* (Argument pluriel : religieux et social).

51 – E10 : *Moi, je pense qu'il vaut mieux avorter. La maladie est incurable et les traitements doivent être continus pendant 50 ans. Il faudrait supporter la souffrance pendant ces 50 ans.* (Argument scientifique et social).

52 – E12 : *Moi aussi je pense que la mère doit avorter. Vous dites que l'espérance de vie est de 50 ans, mais n'oubliez pas que cela veut dire que la mère doit consacrer toute son attention, sa vie et son argent à son enfant malade et elle ne trouvera pas de temps ni pour elle, ni pour ses autres enfants.* (Argument financier et social).

Un extrait de 2 épisodes montrant les deux déclarations sans justification :

15 – Ens⁴ : *Pourquoi la mère doit-elle faire un diagnostic prénatal ?*

16 – E1 : *Elle n'est pas obligée de faire le diagnostic prénatal.*

41 – E11 : *Il a raison. Il ne faut pas qu'elle avorte.*

• **Domaine de référence des arguments utilisés au cours du débat**

Dans le but d'analyser les argumentations fournies au cours du débat, nous avons commencé par définir les domaines de savoirs ou de références sociales sur lesquels reposent les arguments des élèves. Les élèves fondent leurs arguments sur des garanties. Selon le modèle argumentatif de Toulmin, les garanties justifient les liens entre les données et la conclusion. De nombreux domaines de référence ont été mobilisés dans les argumentations (religieux, social, culturel, financier, scientifique, affectif, éthique et moral) avec une prédominance des arguments religieux, socio-éthiques et moraux. Ceci est peut-être dû au fait que la situation discursive a impliqué l'élève en tant qu'être social touchant son affect et ses convictions éthiques, religieuses et morales.

3 El : élève n° 1.

4 Ens : enseignant.

• Analyse des thèmes abordés au cours du débat

Tableau 3. Dynamique des échanges au cours du débat

Unités sémantiques	Thème abordé
1 à 10	Présentation de la situation fictive support du débat. Présentation de la maladie : la drépanocytose. Relance de l'enseignant vis-à-vis de la problématique du débat.
11 à 35	Discussion à propos du diagnostic prénatal et ses risques.
36 à 46	Discussion sur la possibilité d'avortement dans le cas où le dépistage génétique est positif.
47 à 53	Discussion sur l'espérance de vie des drépanocytaires.
54 à 71	Relance de l'enseignant sur le traitement de la drépanocytose. Discussion sur les traitements possibles de la drépanocytose.
72 à 92	Discussion à propos d'une possible thérapie génique de la drépanocytose.
93 à 109	Relance de l'enseignant vis-à-vis de ceux qui ne s'expriment pas. Discussion à propos du mode de transmission de la maladie : récessivité/homozygote/hétérozygote.
110 à 117	Relance de l'enseignant vis-à-vis de ceux qui ne s'expriment pas. Discussion à propos des répercussions sociales de la maladie : du regard de la famille et de la société.
118 à 123	Relance de l'enseignant vis-à-vis de ceux qui ne s'expriment pas. Discussion sur les aspects affectifs de la maladie et ses conséquences : souffrance/regrets.
124 à 131	Discussion sur les différents symptômes qui affectent les drépanocytaires.
130 à 134	Relance de l'enseignant en accordant la parole à ceux qui parlent très peu. Discussion à propos des progrès scientifiques pour un probable traitement de la drépanocytose.
135 à 139	Relance de l'enseignant vis-à-vis de ceux qui ne participent pas à la discussion. Discussion à propos des répercussions financières de la maladie.
140 à 150	Discussion sur la mutation responsable de la drépanocytose.
151	Apport d'informations de l'enseignant à propos du lien entre la répartition géographique de la drépanocytose et la malaria, une autre maladie du sang.
152 à 158	Discussion sur le rapport entre la mutation responsable de la drépanocytose et la sélection naturelle.
159 à 187	Relance de l'enseignant vis-à-vis de l'effet du génome et de l'environnement sur l'expression de la maladie. Discussion à propos des effets de l'environnement et du génome sur la gravité de la maladie.

Nous remarquons (tableau 3) qu'au cours du débat les apprenants ont abordé spontanément des thématiques comme le diagnostic prénatal, l'avortement, les répercussions sociales de la maladie... Ces thématiques récurrentes qui sont en lien avec les implications sociales du génie génétique semblent avoir de l'intérêt pour eux. Elles sont liées à leurs attentes individuelles et à leurs questionnements vis-à-vis de ce domaine de savoir.

Après s'être engagés progressivement dans la discussion au début du débat, nous avons ensuite noté un réel investissement des élèves dans la situation à débattre. Ainsi la plupart du temps, les élèves relancent eux-mêmes les thématiques

à discuter, soit en prenant appui sur une idée déjà avancée, soit à partir d'un raisonnement construit par d'autres pour le transposer sur une nouvelle thématique.

Il faut remarquer que les élèves, au cours du débat, ont utilisé des concepts ou notions en lien avec les applications sociétales du génie génétique (thérapie génique) sans les avoir étudiées en cours. Ce point a été soulevé par un des élèves :

77 – E5 : *Moi, j'ai vu une émission à la télé : c'était le Téléthon à propos du traitement génétique d'une autre maladie génétique : c'est la thérapie génique.*

78 – E3 : *On n'a pas vu ça en cours. Que veux-tu dire par traitement génétique et thérapie génique ?*

79 – E5 : *Cela veut dire corriger la mutation responsable de la maladie au niveau des gènes du malade.*

Remarquons aussi que huit élèves s'investissent moins que les autres dans le débat, bien qu'ils émettent leur avis une fois sollicités. C'est peut-être dû au fait que ces élèves ne sont pas habitués à ce genre de situation en cours de biologie. Ainsi, ils attendent d'être questionnés pour émettre leur avis :

23 – Ens : *Et toi que penses-tu de ce qui a été dit ?*

24 – E14 : *Moi aussi je crois que le diagnostic n'est pas sûr à 100 %. Il y a quand même des erreurs, c'est pourquoi, il ne faut pas avorter. De plus, un test cela coûte cher.*

134 – Ens : *Que pensez-vous de cela ? Vous n'avez pas participé au débat.*

135 – E16 : *À mon avis, il faut penser aussi au côté matériel. Si les parents peuvent assumer les frais des traitements continus de leur enfant malade ils peuvent le garder, sinon il vaut mieux avorter.*

4.2. Analyse microscopique

L'analyse microscopique du débat porte sur l'étude des opérations langagières. Pour cela nous avons utilisé quelques indicateurs linguistiques, notamment les mécanismes de prise en charge énonciative, les modalisations ainsi que l'utilisation des formes prescriptives et axiologiques qui permettent de repérer le travail de positionnement énonciatif.

Le recours aux marques linguistiques d'implication du sujet dans la situation argumentative est très fréquent quand le sujet se sent concerné. C'est le cas dans la situation proposée aux élèves. Ce mécanisme participe à l'établissement de la cohérence pragmatique (ou interactive) du discours. Il marque l'orientation d'un énoncé argumentatif. Il contribue à la clarification des responsabilités énonciatives (qui prend en charge ce qui est énoncé ?). Il traduit aussi les diverses évaluations (jugement, opinion, sentiment) qui sont formulées à l'égard de certains aspects du contenu thématique. Golder (1996) définit ces mécanismes linguistiques

d'implication par les implications énonciatives (verbe de prise en charge énonciative, modalisation) et les prises de position (verbes d'accord/désaccord ; verbes prescriptifs : il faut, on doit... ; verbes axiologiques : c'est bien, c'est injuste).

• **Les prises en charge énonciatives**

Les prises en charge énonciatives sont fortement présentes dans le discours des participants au débat dans l'expression d'opinions comme le présente cet extrait du débat :

18 – E4 : **Moi aussi je pense** qu'il faut faire le test. Peut-être que les deux parents ont un mariage consanguin et qu'ils sont de la même famille. Cela peut expliquer la maladie chez leurs deux familles. Dans ce cas le dépistage devient obligatoire.

19 – E9 : **Moi je crois que** c'est inutile du moment qu'elle ne va pas avorter.

20 – E14 : **Moi aussi je pense que** la mère ne doit pas avorter, mais le diagnostic elle doit le faire, au moins pour se renseigner sur la maladie si jamais son enfant est malade. Elle ne peut pas rester dans le doute, il faut qu'elle sache.

21 – E12 : **Je crois que** c'est là qu'intervient le diagnostic prénatal. Il permet aux parents d'être sûr si leur enfant est malade ou non, et de prendre la décision d'avorter.

Par l'utilisation des prises en charge énonciatives (moi, je pense que, je crois que...), le locuteur présente son opinion de façon négociée et admet en même temps l'existence de positions divergentes vis-à-vis du thème discuté.

• **Les modalisations**

L'utilisation des modalisations marque l'orientation d'un énoncé argumentatif. Modaliser un énoncé revient à produire une marque ou un ensemble de marques formelles par lesquelles le sujet de l'énonciation exprime sa plus ou moins grande adhésion au contenu de l'énoncé. Depuis Aristote, de multiples classements des modalisations ont été proposés. Bronckart (1996) retient quatre catégories :

« – les modalisations logiques, qui consistent en jugements relatifs à la valeur de vérité des propositions énoncées ; celles-ci sont présentées comme certaines, possibles, probables, indécidables, etc. ;

– les modalisations déontiques, qui évaluent ce qui est énoncé à l'aune des valeurs sociales ; les faits énoncés sont présentés comme (socialement) permis, interdits, nécessaires, souhaitables, etc. ;

– les modalisations appréciatives, qui traduisent un jugement plus subjectif ; les faits énoncés sont présentés comme heureux, malheureux, étranges, aux yeux de l'instance qui évalue ;

– et les modalisations pragmatiques, qui introduisent un jugement relatif à l'une des facettes de la responsabilité d'un personnage eu égard au procès dont il est l'agent ; ces facettes sont notamment la capacité d'action (le pouvoir-faire), l'intention (le vouloir-faire) et les raisons (le devoir-faire) ».

Le tableau 4 présente les différents types de modalisations que l’ont peut trouver dans des extraits d’épisodes argumentatifs.

Tableau 4. Types de modalisations présentes dans le débat

modalisations logiques	modalisations déontiques
<p>17 – E3 : Si, elle l’est, c’est une grossesse à risques, puisque les deux parents ont la maladie dans leur famille.</p> <p>22 – E9 : Il se peut que le test soit faux et que l’enfant ne soit pas malade. La mère aura des regrets toute sa vie.</p>	<p>36 – E1 : Moi, je suis contre le diagnostic prénatal puisque malade ou pas à mon avis la mère doit impérativement garder son enfant, parce que notre religion nous interdit d’avorter. C’est un péché, alors pas question d’avorter.</p> <p>116 – E7 : Moi aussi je pense comme toi, la mère ne doit pas avorter. À part la religion, que dira la famille et les voisins et toute la société si jamais la mère décide de se débarrasser de son enfant et d’avorter ?</p>
modalisations appréciatives	modalisations pragmatiques
<p>80 – E14 : Ce que tu dis est étrange. Tu veux dire comme les expériences qu’on a vues dans le cours, mais là il s’agissait de bactéries alors que l’enfant est un être vivant et on ne doit pas changer les gènes des êtres vivants. On ne doit pas appliquer les mêmes expériences à l’homme parce que c’est plus complexe.</p> <p>82 – E4 : Moi je pense plutôt que c’est une bonne chose pour les malades. De plus, on ne va pas modifier tout le génome, on pourrait les injecter dans le corps du bébé. C’est pour la santé de l’homme.</p>	<p>85 – E6 : Ces expériences ne sont pas sûres. Si c’était moi, je ne les ferai pas.</p>

Par exemple la modalisation logique (17 et 22) est utilisée pour marquer l’aspect peu probable de la question. À travers la modalisation appréciative 80, l’élève se fonde sur le statut du vivant humain et utilise un argument éthique de type déontologique. Ainsi, il évoque la difficulté d’appliquer les expériences sur les bactéries à l’homme.

Dans la situation-débat, les élèves ont modalisé leurs discours en utilisant les différents types de modalisations. Nous notons cependant que les modalisations pragmatiques sont les moins fréquentes dans le discours argumentatif des élèves. Ces derniers ont utilisé dans l’ordre les modalisations déontiques, puis appréciatives, et enfin logiques. C’est, peut-être, dû à la nature même de l’objet de discours qui constitue une controverse socioscientifique impliquant les affects de l’élève et ses convictions éthiques et religieuses.

Par l’utilisation des modalisations, les élèves marquent leur degré d’adhésion au contenu de l’énoncé et leur implication dans la situation proposée qui a constitué une occasion pour eux de mobiliser des connaissances déjà étudiées.

• **L’utilisation des formes axiologiques et prescriptives**

Nos analyses montrent que l’utilisation des formes linguistiques axiologiques et prescriptives vient à l’issue d’un raisonnement de nature à la fois scientifique,

social et religieux. Les formes axiologiques sont abondantes dans les interactions langagières des élèves.

44 – E8 : *Vous mélangez entre la loi tunisienne et la religion. Notre loi interdit l'avortement après le 3^e mois de grossesse alors que la religion l'interdit quel que soit l'âge du fœtus. À mon avis, il ne faut pas avorter, on ne doit pas tuer son enfant. **C'est un péché.***

51 – E12 : *Moi aussi je pense que la mère doit avorter. Vous dites que l'espérance de vie est de 50 ans, mais n'oubliez pas que cela veut dire que la mère doit consacrer toute son attention, sa vie et son argent à son enfant malade et elle ne trouvera pas de temps ni pour elle ni pour ses autres enfants. **C'est injuste.***

83 – E1 : *Moi, je tiens à ce que j'ai dit : on ne doit pas changer ce que dieu a créé. **C'est inacceptable.***

88 – E9 : *Même s'ils trouvent de bons résultats sur les souris, l'homme ce n'est pas la même chose, il est plus complexe. **C'est inacceptable.***

La présence de formes prescriptives montre que le thème abordé est défendu de façon ferme. Ces marques linguistiques constituent des formes non négociées du discours argumentatif. Ces formes sont très présentes lorsque les élèves discutent d'avortement ou de thérapie génique. Ainsi, pour certains élèves, ces thèmes ne se situent plus au niveau du discutable mais plutôt au niveau du devoir et de l'obligation morale et religieuse, comme le montre les extraits suivants :

27 – E1 : ***Elle ne doit pas** faire le diagnostic. À part les erreurs du test, il y a aussi un risque d'avortement au cours du diagnostic.*

39 – E2 : ***Ils doivent** faire des tests avant le mariage et savoir s'ils ont des maladies génétiques avant de penser à avoir des enfants.*

132 – E8 : ***Il faut** garder espoir en dieu et en la science, c'est pourquoi, il faut que la mère garde son enfant. Si après avoir avorté les scientifiques trouvent un traitement efficace qui arrive à guérir tous les symptômes de la drépanocytose.*

L'utilisation, assez fréquente, des formes linguistiques axiologiques et prescriptives par les élèves montre leur degré d'implication. Cette implication se traduit par une mobilisation des connaissances déjà étudiées, mais aussi par l'évocation d'arguments de nature à la fois scientifique, sociale et religieuse.

4.3. Analyse de l'argumentation des élèves

• Argumentation et co-construction de connaissances

Pour rendre compte de l'aspect cognitif des interactions argumentatives des élèves et qualifier les différentes opérations qui interviennent dans le processus de schématisation, nous avons eu recours aux catégories de Grize qui se base sur les unités linguistiques suivantes :

– Les unités linguistiques qui signalent l’ancrage énonciatif des discours :

113 – E11 : *Je suis d'accord avec mon ami. Je connais une famille qui possède une maladie génétique et bien elle est marquée au regard de la société. Les gens pensent mille fois avant de se marier avec quelqu'un de cette famille. Ils ont peur pour la santé de leurs enfants. De plus, personne ne pensera à entrer en contact avec eux par peur de cette maladie.*

Pour l’élève E11, l’ancrage énonciatif de son discours se fait dans l’univers culturel.

11 – Ens : *Comment Monia peut-elle savoir si son fœtus est atteint de cette maladie héréditaire ?*
12 – E5 : *Par le dépistage génétique.*
13 – E6 : *Qu'est-ce que le dépistage génétique ?*
14 – E5 : *C'est le diagnostic prénatal, on a vu tout cela en cours lorsqu'on a étudié le génie génétique !*

Pour l’élève E5 l’ancrage énonciatif de son discours se fait dans l’univers de l’apprentissage des sciences. La situation débattue exigeait, de la part de chaque élève, un ancrage dans l’univers de l’apprentissage des sciences. Or, chaque élève ancre son énoncé dans des rapports au monde différents. Pour l’élève E11 les savoirs s’articulent au monde réel, c’est pourquoi il ancre son énoncé dans l’univers culturel. Pour E5, les savoirs sont ancrés dans l’enseignement formel. Cet ancrage énonciatif des discours des élèves montre que, pour certains élèves, un réinvestissement dans leurs argumentations des connaissances apprises en classe a pour but de convaincre l’autre. Dans ce cas, le débat favorise la mobilisation des connaissances.

– Des configurations qui constituent les genres textuels :

Plusieurs fois au cours du débat, certains élèves ont tenté d’expliquer, à leurs camarades, une notion contenue dans leur discours. Cela permet une co-construction de cette notion à travers l’explication. Dans l’extrait suivant, l’élève E7 tente d’expliquer l’inefficacité de la transfusion de sang pour les drépanocytaires :

59 – E7 : *Je ne pense pas que la transfusion soit une solution, elle peut aider mais non soigner. De plus, elle peut transmettre des maladies du sang et elle ne peut pas arrêter la destruction des globules rouges, il faut penser à autre chose pour guérir les drépanocytaires.*

– Des unités linguistiques qui permettent la construction de la référence par un certain nombre d'opérations :

– les opérations d'orientation de l'interlocution sur la connaissance de l'objet (actes de langage) : nommer/identifier/caractériser/exemplifier/lister/hierarchiser/résumer... :

140 – E17 : *À mon avis, il est difficile de trouver une solution unique pour cette situation. Ce qui est pour moi inadmissible comme avorter son propre enfant parce qu'il est atteint d'une maladie qui lui a été transmise par ses parents, constitue une solution pour d'autres. Cela dépend de quel côté du problème on se place.*

L'extrait ci-dessus montre que l'élève E17 utilise les opérations d'orientation suivantes : il nomme le problème (« *difficile de trouver une solution unique...* »), donne son point de vue personnel (« *Ce qui est pour moi inadmissible...* ») et propose une ouverture à son énoncé (« *Cela dépend...* ») ;

– les opérations de *référenciation* par répétition ou par anaphore grammaticale :

51 – E12 : *Moi aussi je pense que la mère doit avorter. Vous dites que l'espérance de vie est de 50 ans, mais n'oubliez pas que cela veut dire que la mère doit consacrer toute son attention, sa vie et son argent à son enfant malade et elle ne trouvera pas de temps ni pour elle ni pour ses autres enfants. C'est injuste.*

52 – E13 : *Moi aussi je pense comme toi, je pense aussi qu'elle doit avorter pour les mêmes raisons que tu as présentées, elle doit consacrer toute son attention, sa vie et son argent à son enfant malade.*

Dans son énoncé, l'élève E13 fait référence à l'argumentation de son camarade E12 en répétant mot à mot ce qu'il a dit.

Nous notons que les arguments auxquels ont recours les élèves mêlent jugements et raisonnements mobilisant des connaissances sur lesquelles ils peuvent prendre appui. Les arguments développés par les élèves prennent en compte des finalités cognitives, puisque certains font appel dans leur construction à des connaissances apportées lors du débat, alors que d'autres font référence à des connaissances déjà étudiées qu'ils réinvestissent. À travers la mobilisation des connaissances déjà étudiées et le réinvestissement des connaissances apportées par le débat, les élèves avancent ensemble vers la conceptualisation et la co-construction de nouvelles notions.

• **Argumentation et éthique**

Dans l'analyse du débat nous remarquons que les élèves justifient leurs points de vue sur des arguments appartenant aux deux traditions : téléologique et déontologique. Les extraits suivants montrent les deux types d'arguments :

– des arguments déontologiques :

36 – E1 : *Moi, je suis contre le diagnostic prénatal puisque malade ou pas à mon avis la mère doit impérativement garder son enfant, parce que notre religion nous interdit d'avorter. C'est un péché, alors pas question d'avorter.*

À travers cet argument, E1 présente l'avortement comme un sacrilège puisque sa religion l'interdit.

80 – E14 : *Ce que tu dis est étrange. Tu veux dire comme les expériences qu'on a vu dans les cours, mais là il s'agissait de bactéries alors que l'enfant est un être vivant et on ne doit pas changer les gènes des êtres vivants. On ne doit pas appliquer les mêmes expériences à l'homme parce que c'est plus complexe.*

E14 s'appuie sur le statut de l'être humain pour justifier son refus : ce qui est applicable aux bactéries ne peut s'appliquer à l'homme.

– des arguments téléologiques :

40 – E5 : *Les tests avant le mariage c'est de la routine, personne n'analyse son ADN pour se marier. Moi je suis pour l'avortement mais à condition que ce ne soit pas le seul enfant. Si c'est leur seul enfant vaut mieux le garder. Je pense que notre religion n'interdit l'avortement qu'après le troisième mois de grossesse.*

82 – E4 : *Moi je pense plutôt que c'est une bonne chose pour les malades. De plus, on ne va pas modifier tout le génome, on pourrait les injecter dans le corps du bébé. C'est pour la santé de l'homme.*

L'élève E5 utilise un argument téléologique et considère que l'avortement présente des conséquences bénéfiques, à condition que la mère ait déjà d'autres enfants. De la même façon, E4 évoque la thérapie génique comme étant « une bonne chose ».

Nous notons qu'au cours des interactions langagières, les élèves ont plus eu recours aux arguments déontologiques que téléologiques. C'est peut être en rapport avec la nature même de l'objet du discours qui porte sur la thérapie génique, le diagnostic prénatal et l'avortement, thèmes éthiquement et socialement controversés.

Nos résultats concernant les arguments éthiques utilisés par les élèves pour justifier leurs points de vue, au cours d'un débat argumentatif, sont différents de ceux de Hossle (2000). Hossle s'est intéressée à l'argumentation éthique des élèves

sur les biotechnologies en général. Elle a montré que les élèves s'appuyaient davantage sur des arguments téléologiques. Les arguments éthiques des élèves se différencient selon les applications du génie génétique considérées et selon leurs liens avec la peur, l'espoir ou encore leurs convictions éthiques, morales et religieuses.

4.4. Analyse de l'évolution des objets de discours

L'analyse de l'évolution des points de vue des élèves, à propos du dépistage génétique et de l'avortement, nous permet de relever une évolution des objets de discours. Ainsi, selon Grize (1996), par schématisations successives, locuteur et interlocuteur construisent des objets de pensée partagés. Une représentation discursive rend compte de ce qu'un individu conçoit d'une certaine réalité. La schématisation permet selon Grize (1996) « la construction des objets [qui] est en fait une co-construction qui résulte sinon du dépassement des points de vue, tout au moins de leur conjugaison ». Dans ce cadre, Grize décrit ce qu'il nomme « faisceau d'objet » comme l'ensemble des aspects normalement rattachés à un objet : propriétés, relations, schèmes d'actions. Ce concept permet de mettre en lumière les fondements qui étaient les prises de décision des élèves.

Nous avons collecté les points de vue des élèves vis-à-vis du dépistage puis de l'avortement avant et après le débat. Le tableau 5 présente l'évolution des points de vue des élèves à propos du diagnostic prénatal avant et après débat.

Tableau 5. Points de vue des élèves à propos du diagnostic prénatal

Points de vue sur le diagnostic prénatal	Avant le débat	Après le débat
Pour	23	Tous
Contre	1 (E1)	--
Total	24	24

Avant le débat, la majorité des élèves semble être d'accord pour que la mère procède au test génétique au début de sa grossesse afin de vérifier si le fœtus est porteur de maladies héréditaires. Ils fondent leurs justifications sur des arguments scientifiques :

17 – E3 : *Si, elle l'est, c'est une grossesse à risques, puisque les deux parents ont la maladie dans leur famille.*

18 – E4 : *Moi aussi je pense qu'il faut faire le test. Peut-être que les deux parents ont un mariage consanguin et qu'ils sont de la même famille. Cela peut expliquer la maladie chez leurs deux familles. Dans ce cas le dépistage devient obligatoire...*

Un seul élève (E1) semble avoir un avis contraire. Il fonde son point de vue sur des arguments scientifiques et religieux :

- 16 – E1 : *Elle n'est pas obligée de faire le diagnostic prénatal.*
 27 – E1 : *Elle ne doit pas faire le diagnostic. À part les erreurs du test, il y a aussi un risque d'avortement au cours du diagnostic.*
 36 – E1 : *Moi, je suis contre le diagnostic prénatal puisque malade ou pas à mon avis la mère doit impérativement garder son enfant, parce que notre religion nous interdit d'avorter, alors pas question d'avorter.*

Après le débat et en posttest, tous les élèves, sans exception, sont favorables au diagnostic prénatal. Même l'élève E1 semble avoir changé d'avis au cours du débat ou bien il n'ose plus l'affirmer.

Concernant l'avortement, nous avons relevé le positionnement des élèves dans le tableau 6 qui présente l'évolution des points de vue des élèves vis-à-vis de l'avortement avant et après le débat.

Tableau 6. Points de vue des élèves à propos de l'avortement

Points de vue des élèves sur l'avortement	Avant le débat	Après le débat
Pour	8	6
Contre	15	13
Avis nuancé	1 (E5)	5 (E3, E4, E5, E13, I6)

Pour ce qui concerne l'avortement, les avis des élèves sont divers. En effet, il s'agit d'une question sociétale qui touche davantage leur affect et leur conviction religieuse. Cela explique pourquoi la majorité des élèves rejette l'avortement. Cependant, nous constatons une certaine évolution des points de vue des élèves au cours du débat. À la fin de la discussion, certains élèves, comme E3, E4, E5, E13 et E16, ont remis en cause leur certitude, puisque leur avis à propos de l'avortement est devenu plus nuancé. Cette évolution du point de vue de certains élèves, impliquant une remise en cause de leurs certitudes, traduit le rôle de l'argumentation et des interactions langagières dans l'apprentissage et la conceptualisation. En effet, au cours du débat ces élèves ont révisé leurs positionnements en construisant des objets de pensée partagés. À ce propos Grize (1996, p. 67) remarque que : « la construction des objets est en fait une co-construction qui résulte sinon du dépassement des points de vue, tout au moins de leur conjugaison ».

Voici quelques extraits qui permettent de rendre compte de l'évolution des points de vue des élèves et dont la certitude a été remise en cause par le débat :

174 – E3 : *Donc, après le diagnostic prénatal en découvrant l'anomalie chez l'enfant, on ne peut pas être sûr de la gravité de la maladie, c'est très complexe. On ne peut plus avorter si on n'est pas sûr du degré de maladie de l'enfant.*

175 – E13 : *Dans ce cas, je pense que je changerai d'avis à propos de l'avortement. Si les conditions de vie peuvent diminuer les effets de la maladie, je ferai tout pour protéger mon enfant. Je changerai de ville ou d'alimentation.*

176 – E4 : *Tu veux dire que tu vas sacrifier toute ta famille pour ne t'occuper que de lui ?*

177 – E13 : *Pourquoi pas, si je peux le soulager un peu de ses douleurs ! Du moins, je penserai mille fois avant de décider d'avorter.*

Il semble que les points de vue des élèves soient influencés par le système de valeur véhiculé par la société tunisienne musulmane où l'avortement est interdit par la religion. Ainsi, dans cet extrait, l'élève qui produit un discours argumentatif est engagé en tant qu'agent social défini par Habermas (1987) comme « *le producteur du discours va se conformer à un certain nombre de "contraintes idéologiques" imposées par son groupe social d'appartenance* ». Pour des thèmes comme l'avortement, il existe une position sociale forte de rejet puisque c'est un thème à propos duquel la polémique n'est pas autorisée. La position sociale dominante vis-à-vis de ce thème peut difficilement être ignorée par les locuteurs :

36 – E1 : *Moi, je suis contre le diagnostic prénatal puisque malade ou pas à mon avis la mère doit impérativement garder son enfant, parce que notre religion nous interdit d'avorter. C'est un péché, alors pas question d'avorter.*

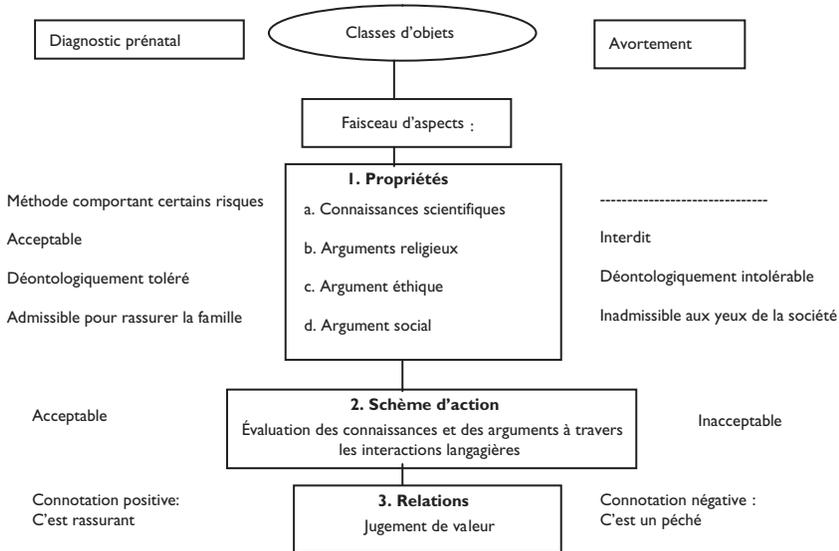
81 – E8 : *Comment peut-on corriger les gènes de l'enfant ? Je pense que les scientifiques ne sont pas arrivés à réussir ces expériences. Les gènes on naît avec et on meurt, ils ne peuvent pas changer. Ce n'est pas acceptable. Même la religion devrait interdire ces expériences.*

83 – E1 : *Moi, je tiens à ce que j'ai dit : on ne doit pas changer ce que dieu a créé. C'est inacceptable.*

89 – E1 : *C'est un péché. C'est contraire à toutes les lois de la nature.*

Nous notons que, selon la classe d'objet considérée, les élèves fondent leurs points de vue sur des connaissances scientifiques déjà apprises en cours de sciences ou bien sur des arguments religieux, éthiques et sociétaux ou enfin par référence à ce qui a été discuté au cours des interactions langagières. Le schéma suivant (figure 1) représente le « *faisceau d'aspect* » du diagnostic prénatal et de l'avortement selon leur présentation au cours de la discussion, inspiré de la représentation schématique des « *faisceaux d'aspect* » de Grize (1996).

Figure 1. Faisceau d'objet du diagnostic prénatal et de l'avortement inspiré des travaux de Grize



La construction de ce faisceau d'objet permet de rendre compte de la dynamique du débat qui se traduit par la mobilisation par les élèves des savoirs préalablement étudiés en génie génétique et une co-construction de notions par schématisation collective. Ainsi, nous constatons qu'ensemble et à travers l'évolution du débat, les élèves entrent dans l'activité de schématisation collective. Les élèves co-construisent et participent ainsi, à l'enrichissement des classes-objets, soit à partir de leurs connaissances antérieures, soit à partir de la documentation fournie comme le montrent ces extraits du débat :

97 – E1 : *Parce que la drépanocytose est une maladie génétique récessive et donc il y a 25 % de chance pour que l'enfant soit malade.*

98 – E13 : *La maladie n'apparaît que chez un individu homozygote.*

Nous remarquons que l'élève E13 s'appuie sur ce qu'a dit son camarade à propos de la récessivité de cette maladie génétique pour expliquer davantage son mode de transmission.

99 – E3 : *Pour que le fœtus soit atteint, donc homozygote, il faut que la mère et le père soit tous les deux hétérozygotes !*

Quant à l'élève E3, il reprend ce qui a été dit par E13 en enrichissant le débat à propos de la récessivité de la drépanocytose par reformulation et ajout de termes nouveaux (homozygote, hétérozygote).

100 – Ens : *Explique ce que veut dire un individu hétérozygote.*

101 – E12 : *C'est un porteur sain mais qui a le gène muté et qui le transmet à sa descendance.*

102 – E3 : *C'est aussi quelqu'un qui porte dans ses chromosomes la mutation responsable de la maladie, qui la transmet à sa descendance mais qui est sain.*

Dans ce cas aussi, nous remarquons qu'au cours du développement de l'échange, il y a déplacement des thématiques à travers un enchaînement des reformulations, puisqu'on passe du mode de transmission de la maladie à sa cause, à savoir une mutation au niveau d'un gène. Ces reprises-modifications qui accompagnent les déplacements cognitifs montrent l'effet dynamisant de la situation d'argumentation qui permet aux élèves une co-construction de connaissances par ajouts successifs. En effet, l'extrait précédent est une illustration de l'activité de schématisation collective de l'objet du discours, à savoir le mode de transmission de cette maladie génétique. À travers la reprise de certaines idées il y a une construction réflexive qui se nourrit de ce qui a été discuté en amont.

5. Conclusion et discussion

Le débat se situe au croisement d'un double processus de socialisation et de construction de connaissances. Au cours du débat, les élèves co-construisent de nouvelles notions en se basant soit sur des connaissances déjà étudiées, soit sur des informations apportées au cours du débat. Dans ce cas l'enseignant devient médiateur dans une perspective socioconstructiviste. C'est dans la confrontation d'idées au cours du débat que se construit et se partage la connaissance. Ainsi, argumenter au cours des débats, c'est apprendre à construire un point de vue éclairé, condition nécessaire d'une véritable appropriation des savoirs. De ce fait, plusieurs études didactiques préconisent l'introduction des discussions en cours de sciences pour permettre une meilleure appropriation des connaissances scientifiques.

Les analyses à différents grains se complètent. L'analyse macroscopique montre la dynamique des échanges et les thématiques débattues notamment celles qui sont récurrentes et qui ont un sens important pour les élèves. L'analyse microscopique concernant l'étude des opérations langagières met en lumière des indicateurs linguistiques qui marquent l'implication des élèves ainsi qu'une construction collective de nouvelles notions dans le sens de Grize. Certains élèves ont collaboré à donner et faire circuler de nouvelles informations concernant la thérapie génique sans que ce thème soit étudié en cours.

L'analyse des arguments des élèves à partir des unités linguistiques a permis de révéler certains aspects de la construction collective de connaissances à travers l'ancrage des énoncés dans différents univers, les explications, les reformulations...

Les arguments éthiques des élèves sont majoritairement déontologiques et en lien avec la peur, l'espoir ou encore leurs convictions morales, éthiques et religieuses.

Au cours du débat, les élèves étayent leur prise de position sur des connaissances scientifiques et des arguments de différentes natures : arguments religieux, sociaux, éthiques. À l'issue du débat, nous avons remarqué une évolution des points de vue de certains élèves qui ont exprimé des points de vue plus nuancés vis-à-vis de l'avortement. De plus, à travers la construction réflexive de faisceaux d'objet traduisant la dynamique du débat, les élèves construisent ensemble de nouvelles notions par schématisation collective.

Notre recherche constitue une étude de cas et les résultats auxquels nous sommes arrivées ne sont pas directement généralisables. Sa validité externe est limitée à la stratégie didactique choisie, à savoir le débat argumenté à propos d'un dilemme socio-éthique. Cependant nous posons la question de l'effet de ce type de débat appliqué à d'autres thèmes biologiques. C'est pourquoi, il convient de compléter cette étude en poursuivant la recherche sur des situations de débat mises en œuvre en classe sur d'autres questions socioscientifiques controversées. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ANSPERGER C., LARRERE C. & LADRIÈRE J. (2001). Trois essais sur l'éthique économique et sociale. *Sciences en Questions*. Paris : INRA, p. 4-10.
- ASTOLFI J.-P. (1992). *L'éducation à l'environnement : un référent pour la didactique de la biologie ?* Communication présentée aux quatrième Rencontres européennes de didactique de la biologie, Cordoba.
- BRASSART D.G. (1987). *Le développement des capacités discursives chez l'enfant de 8 à 12 ans : le discours argumentatif (étude didactique)*. Thèse de doctorat en sciences humaines, université de Strasbourg, Strasbourg.
- BRONCKART J.-P. (1996). *Activités langagières, textes et discours. Pour un interactionnisme sociodiscursif*. Lausanne : Paris : Delachaux et Niestlé.
- BROUSSEAU G. (1987). *Étude en didactique des Mathématiques. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. Bordeaux : IREM de Bordeaux.
- DRIVER R., NEWTON P. & OSBORNE J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, n° 84, p. 287-312.
- DUMAS-CARRÉ A. & WEIL-BARAIS A. (2000). *Analyse du travail de jeunes élèves au cours d'activités scientifiques : dynamiques des échanges et conceptualisations des élèves*. Journées d'étude franco-québécoises – Didactique des disciplines : recherches sur les pratiques effectives. Toulouse.

- GAYFORD C. (1993). Discussion-based group work related to environmental issues in science classes with 15-year-old pupils in England. *International Journal of Science Education*, vol. 15, n° 5, p. 521-529.
- GAYFORD C. (2002). Controversial environmental issues : a case study for the professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, vol. 24, n° 11, p. 1191-1200.
- GEDDIS A.N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Science Education*, n° 22, p. 144-150.
- GOLDER C. (1996). *Le développement des discours argumentatifs*. Neufchâtel : Paris : Delachaux et Niestlé.
- GRIZE J.-B. (1990). *Logique et langage*. Paris : Ophrys.
- GRIZE J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. Paris : PUF.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE M.P., PEREIRO MUNOZ C. & AZNAR CUADRADO V. (1998). *Promoting reasoning and argument about environmental issues*. Second conference of European Researchers in Didaktik Of Biology, Göteborg, 18-22 novembre 1998, p. 215-230.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE M.P., BUGALLO RODRIGUEZ A. & DUSCHL R.A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science" :Argument in High School Genetics. *Science Education*, n° 84, p. 757-792.
- HABERMAS J. (1987). *Théorie de l'agir communicationnel*. Paris : Fayard.
- HOSSLE C. (2000). *Research on students' ethical argumentation on genetechnology in biology*. Third conference of European Researchers in Didaktik Of Biology, Santiago de Compostela.
- KELLY T. (1986). Discussing controversial issues : four perspectives on the teacher's role. *Theory and Research in Social education*, n° 14, p. 113-138.
- KELLY G.J., DRUKER S. & CHEN C. (1998). Students' reasoning about electricity : combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, n° 20, p. 849-871.
- KOLSTOE S.D. (2000). Consensus projects : teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, vol. 22, n° 6, p. 645-664.
- KOLSTOE S.D. (2001). Scientific literacy for citizenship : tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, n° 85, p. 291-310.
- OULTON C., DAY V., GRACE M. & DILLON, J. (in review) *Unlocking controversial issues*.

- OSBORNE J., ERDURAN S., SIMON S. & MONK M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, vol. 82, n° 301, p. 63-70.
- PLANTIN C. (2005). *L'argumentation*. Paris : PUF.
- REBIÈRE M. (2000). *Langage, posture et cognition : enjeux et obstacles de l'activité langagières dans la classe de sciences à l'école élémentaire*. Thèse de doctorat, université Victor-Segalen–Bordeaux 2, Bordeaux.
- RICOEUR P. (1990). *Soi-même comme un autre : l'ordre philosophique*. Paris : Éd. du Seuil.
- ROBERT A. (1999). Situations-problèmes : théorie et pratique en classe de mathématiques. In C. Fabre & E. Triquet (coord.). *Actes du 2^e colloque international des IUFM*. Grenoble : IUFM de Grenoble, p. 55-86.
- SADLER T.D. & ZEIDLER D. (2004). The morality of SocioScientific Issued : Construal and resolution of genetic Engineering Dilemmas. *Science education*, n° 88, p. 4-27.
- SIMONNEAUX L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, p. 903-928.
- SIMONNEAUX L. (2003). Argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée. *Aster*, n° 37, p. 189-214.
- SOLOMON J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television : knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, vol. 14, n° 4, p. 431-444.
- SONORA LUNA F., GARCIA-RODEJA GAYOSO I. & BRANAS PEREZ M.P. (2000). *Discourse analysis : pupils' discussions of soil science*. 3rd ERIDOB Conference, 27 septembre – 1^{er} octobre 2000. Santiago de Compostella, p. 313-326.
- TOULMIN S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge : Cambridge University Press.
- ZEIDLER D., ZALKER K., ACKETT W. & SIMMONS M. (2002). Tangled up in views : Beliefs in the Nature of Science and responses to socioscientific Dilemmas. *Science Education*, n° 27, p. 771-783.
- ZOHAR A. & NEMET F. (2000). Fostering students' argumentation skills through bioethical dilemmas in Genetics. *Research in Didaktik of Biology*. Göteborg : IPD, p. 181-190.

Héréditarisme, béhaviorisme, constructivisme

Le système nerveux dans les manuels scolaires français et tunisiens

Pierre Clément, didactique et épistémologie de la biologie et de l'environnement, LIRDHIST, université Claude-Bernard–Lyon I, Villeurbanne ; coordinateur du projet de recherche européen *Biohead-Citizen* ; Pierre.Clement@univ-lyon1.fr

Lassaad Mouelhi, LIRDHIST, université Claude-Bernard–Lyon I, Villeurbanne ; ISEFC, Tunis ; mouelhilassaad@yahoo.fr

Mondher Abrougui, faculté des sciences de Bizerte, Tunisie ; responsable de l'équipe tunisienne du projet *Biohead-Citizen* ; abrouguimondher@yahoo.fr

Nos connaissances scientifiques (K) sur le cerveau humain et ses fonctions se renouvellent très rapidement. Leur enseignement également, en fonction de l'évolution de pratiques sociales (P) liées à la recherche, à la santé, à des comportements sociaux, mais aussi en interaction avec des valeurs (V). Nous avons tenté d'identifier ces interactions par une analyse critique des derniers programmes et manuels scolaires de l'enseignement secondaire des sciences de la vie et de la Terre en France et en Tunisie.

Nos résultats montrent que, si les nouveaux programmes français ont introduit, avec les notions d'épigenèse et de plasticité cérébrales, les bases biologiques du constructivisme, des valeurs plus traditionnelles sont encore présentes. Les manuels tunisiens actuels se limitent à des thèses béhavioristes, qui sont également présentes en France (5^e, 3^e, 1^{re} S). L'héréditarisme (qui réduit les émergences cérébrales à des déterminismes génétiques) est présent en Tunisie, mais aussi, de façon plus implicite, dans les manuels français de 1^{re} S.

Alors que tous les processus biologiques sont régulés, et plus particulièrement dans le système nerveux, aucun des schémas retraçant des trajets neuronaux ne représente la moindre rétroaction, à de rares exceptions près (régulations neuro-hormonales).

Les enjeux citoyens de ces constats sont discutés.

I. Cerveau et pensée

Le cerveau est un organe du corps humain. Il y est en relation avec tous les autres organes, et il est le support de notre pensée, de ce qui a longtemps été appelé « notre esprit ». De telles affirmations n'ont plus la vigueur sulfureuse, révolutionnaire, qu'elles ont pu avoir au milieu du XVIII^e siècle, quand La Mettrie écrivait « *L'homme – machine* » en affirmant que « *le cerveau a ses muscles pour penser, comme les jambes pour marcher* ». Cabanis, peu après 1802, introduisait la métaphore digestive (« *le cerveau est un organe particulier destiné à produire la pensée, de même que l'estomac et l'intestin contribuent à opérer la digestion* ») dont le succès ne s'est pas démenti jusqu'à aujourd'hui. Bien d'autres métaphores (optiques avec la réflexion, électriques, informatiques : Clément, 1993) ont été utilisées depuis pour tenter de décrire, voire de modéliser, notre cerveau et son fonctionnement dans une perspective matérialiste qui fait aujourd'hui consensus dans le milieu de la recherche. Même un philosophe chrétien comme Ricœur admet que « *le cerveau est le substrat de la pensée* » et que « *la pensée est l'indicateur d'une structure neuronale sous-jacente* » (Changeux & Ricœur, 1998, p. 61).

Ce matérialisme quasi consensuel¹ de la communauté scientifique contraste fortement avec un regain de spiritualisme dans nombre de pays et avec la prégnance d'une pensée dualiste mise en évidence par nos recherches sur les conceptions d'enseignants et d'étudiants relatives au cerveau humain et à ses fonctions (en France : Clément, 1984, 1994a ; en Europe : Clément, 1999a ; au Sénégal : Ndiaye & Clément, 1998 ; au Liban : Abou Tayeh, 2003 ; en Algérie : Clément & Savy, 2001). Cette pensée dualiste est d'ailleurs ancrée dans notre langage, imprégnée de toute notre histoire s'enracinant dans la culture grecque mais aussi dans une pensée judéo-chrétienne qui oppose le corps et l'esprit, l'un étant mortel et l'autre non. Cette dualité est parfois relayée aujourd'hui par une opposition entre le corps et le cerveau, ce dernier contrôlant le premier. Ce dualisme s'accompagne le plus souvent d'une méconnaissance des processus d'épigenèse cérébrale : ils concernent la construction des réseaux neuronaux qui sont le support de nos apprentissages, de notre mémoire et de nos pensées.

Nos neurones, individuellement stupides (c'est-à-dire uniquement capables de performances élémentaires), se structurent en réseaux agencés entre eux et finalement capables de performances aussi étonnantes que notre pensée, notre intelligence, nos émotions... Même si ce domaine de recherche est actuellement en plein développement (modèles d'IAD², ordinateurs neuromimétiques...), les chercheurs sont encore loin de comprendre la complexité des processus qui sous-tendent l'émergence de la pensée. Une certaine modestie s'impose dans ce domaine quand il est enseigné, en séparant ce qui est connu de ce qui est hypothèse

1 Certains neurobiologistes, comme Eccles, défendent encore aujourd'hui une conception dualiste du cerveau et de la pensée.

2 Pour une introduction à ces modèles de la complexité, d'IAD (intelligence artificielle distribuée), voir Clément, 1994b.

et recherche en cours et en n'ayant pas honte d'indiquer les limites actuelles de nos connaissances.

Nous assistons depuis quelques dizaines d'années à un renouveau considérable des connaissances en neurobiologie, sinon des paradigmes de recherche : plasticité et épigénèse du système nerveux, réseaux neuronaux et apprentissage (Changeux, 1983, 2002 ; Changeux & Ricœur, 1998 ; Fottorino, 1998 ; Buisseret, 1999 ; Edelman, 2000) ; neuroanatomie fonctionnelle et imagerie cérébrale (Mazoyer, 2002 ; Houdé, 2002) ; la fin du tout génétique (Stewart, 1993 ; Atlan, 1999 ; Kupiec & Sonigo, 2000) ; les sciences cognitives, le connexionnisme, les concepts d'émergence, d'énaction et d'*umwelt* (Varela, 1989 ; Stengers, 1997 ; Stewart, Scheps & Clément, 1997 ; Clément, 1999b).

Comment les programmes et manuels scolaires de *sciences de la vie et de la Terre* (SVT) s'adaptent-ils à ces profonds renouvellements ? Telle est notre question de recherche. Le présent travail tente d'y répondre pour la France et la Tunisie³, en développant une analyse critique des programmes et manuels scolaires de SVT les plus récents. Les fondements de cette analyse sont présentés dans le paragraphe qui suit.

2. Un objectif : identifier les interactions entre K (connaissances scientifiques), V (valeurs) et P (pratiques sociales)

L'enseignement de la neurobiologie est particulièrement délicat.

C'est cependant un domaine par rapport auquel les attentes des élèves sont fortes, en particulier quant aux fonctions cérébrales comme la mémoire, la pensée, l'intelligence, l'émotion, mais aussi quant aux pathologies cérébrales et aux différences innées ou acquises⁴ entre les performances cérébrales de différentes personnes (Clément, 1986).

C'est un domaine scientifique où les connaissances et modélisations se renouvellent rapidement. Les enseignants doivent se recycler en permanence. En particulier, face au développement des techniques modernes d'imagerie cérébrale qu'ils maîtrisaient mal, nombre d'enseignants français préféreraient, il y a une dizaine d'années, ne pas traiter ce chapitre en classe de 3^e (Clément, 1996, 1997).

C'est un ensemble de connaissances dont l'enseignement est confié aux professeurs de SVT, mais qui recouvre bien d'autres domaines. Par exemple la santé : les élèves du secondaire ont souvent des questions sur les pathologies cérébrales, par rapport auxquelles les enseignants de SVT se sentent le plus souvent mal ou

³ Les raisons du choix de ces deux pays sont exposées plus bas (« 3. Le corpus étudié »).

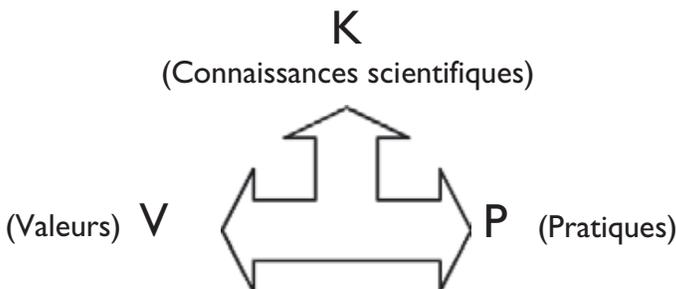
⁴ Même si cette distinction entre inné et acquis est dépassée pour les biologistes (Stewart, 1993 ; Jacquard & Kahn, 2001 ; Forissier & Clément, 2003), c'est encore souvent en ces termes que s'expriment les attentes des élèves.

non armés. Mais aussi la psychologie : dans certains pays, comme au Portugal, le cerveau est intégré dans un enseignement de psychologie et non pas de biologie. La linguistique (psycho-linguistique, neuro-linguistique), les sciences cognitives et la didactique des disciplines (approche constructiviste) sont autant d'autres secteurs disciplinaires qui s'intéressent au cerveau et à ses performances. Au sein même de la biologie, le cerveau d'un anatomiste n'est pas celui d'un électro-physiologiste, ni d'un cytologiste ou encore d'un neurochimiste, sans même parler de l'imagerie cérébrale classique ou fonctionnelle. À chacune de ces pratiques correspondent des connaissances scientifiques spécifiques, qui se recoupent ou non selon les cas. De plus, le choix des connaissances à enseigner sur le cerveau dépend aussi d'autres pratiques sociales, touchant des grands problèmes de société : alcoolisme, usage de drogues, abus de tranquillisants...

Enfin, comme nous l'avons signalé ci-dessus à propos du dualisme/matérialisme, les connaissances sur le cerveau et ses fonctions sont souvent en forte interaction avec des valeurs, telles que les croyances religieuses. Nous y reviendrons à propos des conceptions héréditaristes, béhavioristes ou constructivistes qui seront identifiées dans les programmes et manuels scolaires français et tunisiens, présentes sans doute à l'insu même des auteurs de ces programmes et manuels.

Au total, nous analyserons les contenus des manuels scolaires et programmes en tant que des conceptions qui expriment les interactions entre trois pôles : des connaissances scientifiques (K), des systèmes de valeurs (V) au sens le plus général du terme (opinions, croyances, idéologies) et des pratiques (P) qu'il s'agisse de pratiques sociales, professionnelles (santé, prévention, recherche) ou citoyennes. Repérer dans les conceptions des acteurs de la transposition didactique les interactions entre ces trois pôles K, V et P (figure 1), jusqu'ici limités aux savoirs (pôle K) par Chevallard (1985, 1989) puis étendus aux pratiques sociales (pôle P) par Martinand (1986, 2001), a été proposé par Clément (1998, 2004).

Figure 1. Les conceptions seront analysées en tant qu'interactions entre les trois pôles K, V et P



Les systèmes de valeurs sont explicites ou implicites dans l'éducation à l'environnement (Clément & Hovart, 2000). Ils sont le plus souvent implicites dans les enseignements de biologie, où les connaissances peuvent interférer avec des enjeux éthiques ou idéologiques (par exemple pour la génétique humaine : Rumelhard, 1986 ; Abrougui & Clément, 1997).

Un objectif de notre recherche est d'identifier les éventuels systèmes de valeurs implicites qui structureraient les choix faits par les programmes et manuels scolaires français et tunisiens lorsqu'ils abordent le système nerveux, et plus particulièrement le cerveau humain.

Plusieurs auteurs considèrent que l'enseignement des sciences, d'une façon générale, véhicule un curriculum caché ou implicite qui double comme une ombre le curriculum visible ou explicite (Mathy, 1997). Ils estiment que les programmes ou les manuels scolaires diffusent à leur insu une nébuleuse d'idéologies implicites, des valeurs qui influencent les élèves.

3. Le corpus étudié

Il est difficile d'analyser les programmes et manuels tunisiens de biologie sans les comparer aux programmes et manuels français. Notre hypothèse est que les programmes tunisiens sont peut-être influencés par les programmes français, mais en marquant des singularités liées à plusieurs paramètres, dont le contexte socio-culturel. En plus de différences économiques et politiques importantes entre la France et la Tunisie, notons que cette dernière n'est indépendante que depuis un demi-siècle. L'islam y est religion d'État, pratiquée par 98 % de la population. L'arabe est la langue officielle. L'enseignement tunisien est arabophone au niveau du collège (fin de l'enseignement de base) puis francophone au niveau des quatre années correspondant au lycée. En Tunisie, les programmes et manuels (dont il n'existe qu'une édition, publiée par le ministère) sont rédigés puis expertisés par des groupes d'inspecteurs, en tenant compte des demandes d'allègements ou de modifications exprimées par des enseignants. En France, les programmes étaient, jusqu'en 2005, préparés par des groupes de travail réunissant des experts de diverses origines (inspecteurs, enseignants, universitaires) ; les manuels mettent ensuite en œuvre les programmes, dans un contexte concurrentiel entre plusieurs éditeurs.

Notre question principale de recherche, exprimée dans les paragraphes précédents, pourrait donc *a priori* se doubler de questions complémentaires :

- comparaison entre les programmes et manuels scolaires tunisiens et français ;
- comparaison entre plusieurs éditions en France, pour le même niveau scolaire.

Cependant, ces questions complémentaires ne constituent pas l'essentiel des travaux présentés ici, pour plusieurs raisons. Une comparaison solide des programmes (et manuels) français et tunisiens devrait inclure les contenus des dernières réformes depuis une quinzaine d'années. Celles-ci sont régulières en France, environ tous les 5 ans, avec plusieurs années pour leur mise en œuvre en fonction des niveaux scolaires (voir la colonne de droite du tableau 1). Elles sont plus irrégulières en Tunisie, où les programmes actuels ont été rédigés en 1990 puis allégés/modifiés en 1993 et en 1998 (voir la colonne « début d'application » dans le tableau 1). Une nouvelle version des programmes est en cours d'achèvement de rédaction en Tunisie, pour une application progressive en 2006-2009. Elle n'était pas encore disponible lorsque nous avons effectué la recherche présentée ici : sa comparaison avec les programmes récents français serait très informative pour répondre à notre première question complémentaire. Cette analyse comparative diachronique des programmes français et tunisiens sera l'objet d'un travail ultérieur, qui n'est qu'amorcé. Par ailleurs, une comparaison entre les divers éditeurs français nécessite une approche comparative aussi exhaustive que possible, qui ne peut pas être présentée ici, faute de place et parce qu'elle n'est pas totalement achevée. Dans le présent travail, nous nous limitons à quelques éditeurs (tableau 2), principalement Nathan et Bordas, qui sont parmi les plus traditionnellement utilisés par les enseignants⁵.

L'analyse des programmes de l'enseignement secondaire tunisien et français permet de repérer les niveaux scolaires où le système nerveux est enseigné, et les thèmes dans lesquels s'insèrent ces enseignements. L'ensemble de ces informations est synthétisé dans le tableau 1.

Tableau 1. Les grands thèmes abordant le système nerveux dans les programmes des collèges et lycées en Tunisie et en France

	Tunisie				France			
	Référence	Début d'application	Thème	Classe et âges des élèves		Thème	Référence	Début d'application
Collège					5 ^e (12-13 ans)	le mouvement et sa commande	BO du 13 février 1997	1998/1999
	Décret n° 1205	1997/1998	La fonction de relation	9 ^e de base (14-15 ans)	3 ^e (14-15 ans)	relation à l'environnement et activité nerveuse	BO, 22 juillet 1999	1999/2000
					2 ^{de} (15-16 ans)	l'organisme et son fonctionnement	BO du 12 août 1999	2000/2001

⁵ Les manuels Belin sont actuellement autant utilisés, et d'autres manuels sont eux aussi intéressants à analyser. Ces comparaisons seront l'objet d'un travail ultérieur. Le tableau 2 montre que nous avons utilisé un manuel Didier, un Hatier et un Hachette quand l'édition Bordas ou Nathan correspondante n'était pas disponible.

Lycée	Décret n° 98-1280	1998/1999	La communication nerveuse	3 ^e lettres (17-18 ans)	1 ^{re} L (16-17 ans)	– La représentation visuelle du monde – Rôle de l'axe hypothalamo-hypophysaire dans la régulation de la fonction reproductrice	BO du 31 août 2000	2000/2001
				3 ^e économie et gestion (et aussi 3 ^e Maths et 3 ^e Techniques) (17-18 ans)	1 ^{re} ES (16-17 ans)	– La communication nerveuse – Rôle de l'axe hypothalamo-hypophysaire dans la régulation de la fonction reproductrice	BO du 31 août 2000	2000/2001
					1 ^{re} S (16-17 ans)	La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux.	BO du 31 août 2000	2001/2002
	Décret n° 98-1280 du 15 juin 1998	1998/1999	(1) la communication nerveuse (2) la régulation de la fonction reproductrice (3) la régulation de l'activité cardiaque – la régulation nerveuse de la glycémie	4 ^e sciences expérimentales (18-19 ans)	terminale S (17-18 ans)	Rôle de l'axe hypothalamo-hypophysaire dans la régulation de la fonction reproductrice et du comportement sexuel	BO du 30 août 2001	2002/2003

Le tableau I permet quelques premiers commentaires.

L'enseignement du système nerveux ne commence en Tunisie qu'en fin du collège (9^e année de base, c'est-à-dire l'équivalent de la 3^e en France). En France, cet enseignement débute plus tôt, en 5^e, avec l'étude de la commande nerveuse du mouvement.

En Tunisie, le programme actuel⁶ de sciences naturelles pour la classe de 3^e année secondaire (équivalent à la classe de 1^{re} en France) est le même pour des filières différentes (Maths, Lettres, Economie et Gestion, Techniques). Ce n'est pas le cas en France où les programmes actuels des classes équivalentes (1^{re} S, 1^{re} ES et 1^{re} L) ont des spécificités en rapport avec les orientations de chaque section. En 1^{re} ES, le thème abordant le système nerveux porte le même titre qu'en Tunisie « *la communication nerveuse* », mais il est centré sur le fonctionnement des centres nerveux à travers un exemple, comme la douleur, qui permet d'aborder les interactions entre système nerveux et substances chimiques, conduisant aux notions de médicament et de drogue (forte influence des pratiques sociales sur ce programme). En Tunisie, « *la communication nerveuse* » n'aborde que les supports anatomiques, le message nerveux et l'activité réflexe. En 1^{re} L (France), le thème relatif à la neurobiologie s'intitule « *la représentation visuelle du monde* ». Selon les concepteurs du programme, ce thème constitue :

6 À partir de l'année scolaire 2006-2007, en Tunisie, chaque filière de la 3^e année secondaire où les SVT sont enseignées, aura un nouveau programme avec une orientation spécifique pour chaque filière.

– « une sensibilisation au caractère subjectif des perceptions visuelles » (document d'accompagnement, p. 29) ;

– « une base concrète intéressante pour une approche ultérieure de la différence individuelle de perception du monde en cours de philosophie en classe de terminale L » (programme officiel, p. 148) [...], « par exemple la distinction entre "monde réel" et "monde perçu" » (programme officiel, p. 146).

Les programmes de 1^{re} L et de 1^{re} ES sont donc marqués par des dimensions socioculturelles, s'articulant avec les orientations spécifiques des élèves et abordant des thèmes qui touchent à la responsabilité individuelle et collective face à des problèmes actuels de société.

En ce qui concerne la 1^{re} S, la présentation générale du programme de SVT (BO, HS n° 7 du 31 août 2000) en précise l'objectif : « Une quatrième partie a pour objectif de dégager l'importance de l'expression du génotype et de la plasticité dans la formation du cerveau et dans l'individuation qui en dépend. Elle s'appuie sur la mobilisation des acquis des classes antérieures et approfondit les bases anatomiques et fonctionnelles de la communication nerveuse à travers l'étude du réflexe myotatique. La connaissance des phénomènes à l'échelle cellulaire, et des mécanismes explicatifs des processus intégrateurs, permet ensuite de traiter de la part du génotype dans le fonctionnement du système nerveux, et de la neuroplasticité ». Ce paragraphe montre bien que l'épigenèse et la plasticité cérébrale sont enfin intégrées au programme du lycée dans le cadre d'un thème fédérateur de la 1^{re} S commandé par le conseil national des programmes (CNP), « l'articulation génotype/phénotype ou relations génotype-phénotype-environnement », pour réconcilier le réductionnisme moléculaire et la vision intégrée des systèmes vivants. Le titre du thème abordant le système nerveux en 1^{re} S (« La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux ») mérite cependant un premier commentaire. Il suggère en effet un modèle additif, qui n'a pas de sens quand il s'agit d'une interaction entre le génome et son environnement (Stewart, 1993 ; Forissier & Clément, 2003). De nombreux scientifiques l'ont souligné à plusieurs reprises : « Pour que la notion de part ait un sens, il est nécessaire que le résultat de la somme des parties puisse s'analyser en termes qui s'ajoutent. Il faut que "le modèle explicatif" soit additif. S'il ne l'est pas, le recours à cette notion ne peut qu'être fautif. [...] Tel est évidemment le cas lorsque les causes évoquées sont d'une part, le patrimoine génétique, d'autre part les apports du milieu » (Jacquard, 1972). Lorsqu'il y a interaction, les deux parties sont chacune à 100 % nécessaires, l'inné comme l'acquis. Stewart (1993), Jacquard et Kahn (2001) et bien d'autres l'ont à maintes reprises souligné. Nous y reviendrons avec l'analyse des manuels scolaires.

Dernière remarque sur les titres reproduits dans le tableau I à partir des programmes français et tunisiens : le terme « régulation » est associé aux fonctions de reproduction, qui sont traitées en terminale S dans les deux pays, ainsi qu'en

1^{re} L et 1^{re} ES en France. De plus, la terminale S tunisienne aborde la régulation de la glycémie et celle de l'activité cardiaque.

Comme les manuels scolaires sont élaborés selon les instructions des programmes officiels et qu'ils reprennent scrupuleusement les contenus de ces programmes, nous éviterons les redondances en présentant nos résultats uniquement sur l'analyse des contenus des manuels scolaires étudiés (3 tunisiens et 16 français). Les titres de ces contenus sont listés dans le tableau 2.

Tableau 2. Présentation des manuels scolaires tunisiens et français étudiés
(La correspondance entre les niveaux scolaires en Tunisie et en France est respectée)

France					Tunisie	
Niveau	Édition et année	Thème	Édition et année	Thème	Niveau, Édition et année	Thème
5 ^e	Bordas, 1997	Le mouvement et sa commande	Nathan , 1997	– Le mouvement et sa commande – Appareil locomoteur, système nerveux et santé		
3 ^e	Bordas, 1999	Relation à l'environnement et activité nerveuse	Nathan , 1999	Relation à l'environnement et activité nerveuse	9^e, CNP, 2004	La fonction de relation
2 ^{de}	Bordas, 2000	Intégration des fonctions dans l'organisme	Nathan , 2000	Intégration des fonctions circulatoire et respiratoire dans l'organisme au cours de l'activité physique		
1 ^{re} S	Bordas, 2001	Le fonctionnement du système nerveux	Nathan , 2001	Génotype Expérience individuelle et fonctionnement du système nerveux		
	Didier, 2001	La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux	Hatier , 2001	Génotype, phénotype et système nerveux		
1 ^{re} L	Bordas, 2001	Représentation visuelle du monde	Hachette , 2001	La représentation visuelle du monde	3^e Maths. Lettres. Technique. Economie et Gestion	Communication nerveuse
		Procréation		Procréation		
1 ^e ES	Bordas, 2001	Communication nerveuse	Hachette , 2001	Communication nerveuse	CNP, 2004	
		Procréation		Procréation		
Term. S	Bordas, 2002	Procréation : régulation de la fonction de reproduction	Nathan , 2002	Procréation : régulation de la fonction de reproduction	4^e Term. Sc. Exp. CNP, 2004.	Communication nerveuse

Nous n'avons pas la place, dans les lignes qui suivent, de présenter l'ensemble des résultats obtenus à partir de l'analyse de ces 19 manuels. Nous avons donc sélectionné quelques exemples de résultats, parmi ceux qui nous semblent être les plus significatifs.

4. Le triomphe du béhaviorisme en tunisie, plus nuancé en france

4.1. Le manuel tunisien de terminale sciences expérimentales.

Son analyse est significative du niveau maximal de complexité présenté aujourd'hui aux élèves tunisiens sur le fonctionnement du système nerveux. Sur 99 pages consacrées au système nerveux, les thèmes suivants sont abordés :

– 77,5 pages pour la communication nerveuse dont : 52 pages d'anatomie, cytologie et supports du message nerveux ; 15 pages à « l'activité réflexe innée » ; 11 pages aux « conditionnements et apprentissages » dans lesquelles moins de deux pages envisagent les fonctions supérieures du cerveau, sous le titre significatif « importance physiologique des réflexes conditionnels » ;

– 20 pages pour la régulation nerveuse : 9 pages consacrées à la régulation de l'activité cardiaque et de la pression artérielle, ½ page consacrée à la régulation de la glycémie, puis 10,5 pages consacrées à la régulation de la reproduction (rôle du complexe hypothalamo-hypophysaire).

Si on pousse l'analyse en excluant les parties sur les neurones et le message nerveux, ainsi que sur le système neuro-végétatif, la prédominance des images béhavioristes est écrasante. Mis à part les 3 schémas anatomiques introductifs (sur le système nerveux de l'homme : pages 156 à 159), tous les schémas illustrent des réflexes soit innés, soit conditionnels, dans leurs aspects anatomiques, physiologiques, comportementaux (Pavlov et Skinner) et dans le circuit des neurones pour décrire ces « arcs réflexes ». Aucune image n'illustre un comportement plus complexe que le réflexe pavlovien.

L'analyse de termes-pivots (méthode de Harris (1953) reprise par Jacobi (1987)) a été effectuée pour les pages 238 à 248 (consacrées aux fonctions principales du système nerveux central sous le titre rappelé ci-dessus : « conditionnements et apprentissages »), soit environ 5 pleines pages de texte (si l'on décompte les images) d'environ 500 mots chacune. Nous avons décompté :

– 54 occurrences du terme « réflexe » et de ses reformulations : dont 5 « réflexe inné », 1 « réponse innée », 1 « réaction invariable », 18 « réflexe conditionnel », 7 « réponse conditionnelle », « réaction conditionnelle », 3 « réflexe répondant », 2 « réflexe opérant », 3 « réflexe salivaire » ;

– 20 occurrences du terme « conditionnement » : dont 7 pavloviens (3 « conditionnement classique », 4 « conditionnement répondant ») et 8 skinneriens (« conditionnement opérant ») ;

– 25 occurrences du terme « apprentissage » ou de ses reformulations : dont 4 « dressage » et 4 « habituation ». Il est à noter que les auteurs du manuel emploient souvent comme synonymes les termes « réflexe », « conditionnement » et « apprentissage » pour éviter des répétitions.

L'ensemble est explicitement béhavioriste :

stimulus → **boîte noire** → **réponse**

Dans la grande majorité des exemples (pour les illustrations comme pour les titres), la boîte noire est la moelle épinière, et ce n'est pas toujours tout à fait une boîte noire puisque quelques motoneurons, voire des interneurons, peuvent y être dessinés.

Dans les deux dernières pages, le langage, l'écriture et les croyances sont réduits à des conditionnements, avec parfois un dualisme implicite : le corps induit des comportements naturels (marcher, parler), tandis que l'esprit permet d'acquérir des symboles et des performances (lire, conduire...) qui deviennent ensuite des automatismes relevant du corps.

4.2. Un manuel français de 1^{re} S

C'est en 1^{re} S qu'est présent, en France, un contenu scientifique comparable à celui du manuel tunisien de terminales sciences expérimentales. Le schéma béhavioriste « stimulus → boîte noire → réponse » y est un acquis, car il est largement présent dans les niveaux scolaires précédents (5^e et 3^e), mettant en relation un organe sensoriel et une réponse motrice, *via* le système nerveux central (dans son ensemble, incluant la moelle épinière). En 1^{re} S, le contenu du manuel édité par Nathan est regroupé en une partie intitulée « *génotype, expérience individuelle et fonctionnement du système nerveux* » (p. 182 à 241) divisée en 3 chapitres :

- chapitre 10 (pages 187 à 200) : « *Réflexe myotatique et circuit neuronique* » ;
- chapitre 11 (pages 201 à 228) : « *Les messages nerveux* » ;
- chapitre 12 (pages 229 à 241) : « *Activité des centres nerveux. Influence du génotype et plasticité* ».

Tous les schémas du chapitre 10 sont de type béhavioriste « Stimulus → Boîte noire → Réponse » et sont plus précisément relatifs au réflexe myotatique :

stimulus (étirement du muscle) → **moelle épinière** → **contraction du même muscle**

Ce schéma se complexifie ensuite avec deux réponses motrices : contraction du muscle, et relâchement du muscle antagoniste.

Au total, sur 26 illustrations de ce chapitre de 14 pages, 10 présentent une coupe transversale de moelle épinière, le plus souvent avec les trajets des neurones impliqués dans ce réflexe : ce schéma devient donc une référence.

Dans le chapitre 11, ce même schéma est repris 3 fois (pages 210, 211 et 218) pour introduire d'autres informations sur les messages nerveux. C'est, dans ce chapitre 11, le seul type de trajet nerveux auquel il est fait référence (le seul jusqu'ici acquis par les élèves).

La fonction du chapitre 12 est d'introduire d'autres niveaux de complexité (les centres nerveux supérieurs, au-delà de la moelle épinière, et la notion de plasticité, que nous analyserons plus bas). Dans ce chapitre, les schémas de trajets nerveux sont plus rares. Ils sont tous du type :

récepteur sensoriel → cerveau

Avec cependant l'exception du schéma de la page 241, sur l'aplysie, qui est à nouveau le schéma d'un réflexe : « récepteur (siphon) → ganglion nerveux (abdominal) → effecteur (branchie) ». Nous ne souhaitons pas critiquer le recours à cet exemple, essentiel ici pour introduire la notion d'habituation liée à la variation du nombre de synapses. Nous voulons simplement souligner que, dans l'ensemble des trois chapitres de ce manuel, qui constituent le niveau le plus élevé d'étude des supports nerveux des comportements, du cerveau et de ses fonctions, les élèves de 1^{re} S n'auront vu que des trajets nerveux linéaires non bouclés et essentiellement de type behavioriste (stimulus → système nerveux central → réponse).

Le message behavioriste est moins appuyé, moins explicite qu'en Tunisie, mais il n'en est pas moins présent, sans doute à l'insu même des auteurs du manuel, qui ont des intentions pédagogiques compréhensibles (faire passer un message simple, faire ensuite référence à ce message puisqu'il est connu des élèves, etc.).

5. Héritarisme (déterminisme génétique) et constructivisme (épigénèse et plasticité cérébrales)

5.1. En Tunisie

L'analyse est vite réalisée. Dans les manuels scolaires tunisiens de SVT, les seules allusions à l'épigénèse cérébrale et à la plasticité du cerveau sont implicites, à travers les termes de réflexes conditionnés et de conditionnement opérant.

L'inné tient en revanche une place importante, déjà signalée ci-dessus à propos du manuel de terminale sciences expérimentales. Ainsi on trouve une référence à l'inné dans toutes les parties sur les réflexes innés, à commencer par le réflexe myotatique, mais aussi avec un long tableau qui liste une série d'autres réflexes innés chez l'homme. Une idéologie héréditariste implicite sous-tend donc les choix du programme et du manuel officiel en Tunisie. Cette idéologie héréditariste fait d'ailleurs bon ménage avec le behaviorisme, dont nous avons souligné plus haut la présence explicite et massive dans ce chapitre.

5.2. En France, en 1^{re} S : un renouveau mais un héréditarisme persistant

Le programme de 1^{re} S se rapproche le plus du contenu enseigné en Tunisie. Nous l'avons vu en ce qui concerne la fréquence des schémas « stimulus →

réponse » et l'importance accordée au réflexe myotatique qui est inné, héréditarisme et béhaviorisme faisant bon ménage. Ensuite la partie intitulée « *Activités des centres nerveux. Influence du génotype et plasticité* » (chapitre 12 du Nathan 1^{re} S, p. 229 à 241) est plus nuancée.

Nous constatons d'abord une heureuse rupture par rapport aux programmes et manuels antérieurs, ce qui le différencie aussi du manuel tunisien : les thèmes de l'épigenèse et de la plasticité cérébrales sont bien présents en 1^{re} S.

Dès la page de garde de ce chapitre (page 223, occupée à plus des 2/3 par le titre et par une image), ces thèmes représentent environ la moitié du texte, annonçant le contenu de ces notions : « *Si chacun est capable de ressentir les effets d'une stimulation sensorielle, l'interprétation qu'il en fait lui est propre*⁷. *Les réseaux neuronaux se développent en effet, en fonction des caractéristiques de l'environnement propre à chaque individu* ». Juste au-dessous, dans l'encadré « *Les problèmes à résoudre* », le troisième et dernier problème est le suivant : « *Le fonctionnement du système nerveux est-il défini une fois pour toute, ou au contraire peut-il se modifier en fonction de l'environnement et du passé de chaque individu ?* ».

Pages 228 et 229, le TP3 intitulé « *Le remodelage des connexions synaptiques dans le système nerveux central* », présente l'exemple des vibrisses de rongeurs (1,6 pages) ainsi que, plus rapidement (0,4 page), celui d'un singe entraîné à utiliser plus fréquemment certains doigts.

Page 230 : le résumé des 3 TP se termine par une phrase de généralisation : « *Le cortex somato-sensoriel présente une plasticité qui a pu être constatée dans l'ensemble des structures nerveuses* ».

Page 233 : une petite demie page est titrée : « *Construire son cerveau avec son expérience : l'épigenèse* ». Elle prend l'exemple de la vision des chats, et reproduit une citation de Buisseret⁸.

Dans la synthèse (p. 234-236), une demi-page est consacrée à la « *plasticité du système nerveux central* ». Reprenant longuement l'exemple des vibrisses de rongeurs, elle se termine juste par une courte phrase de généralisation : « *Ce remodelage des connexions synaptiques, témoin de la plasticité cérébrale, est une propriété générale du système nerveux central. Il a été mis en évidence chez de très nombreux animaux* ».

La page suivante (p. 237), intitulée « *Essentiel* » donne une place importante à la plasticité, environ la moitié du texte et des images (l'autre moitié est consacrée

7 Cette distinction entre la sensation (stimulation sensorielle) et son interprétation est en fait plus complexe qu'il n'y paraît. Nous y reviendrons ci-dessous sur l'exemple de la vision.

8 P. Buisseret a été l'un des 3 commissaires scientifiques de l'exposition du MNHN « Pas si bêtes ! Mille cerveaux, mille mondes » (1999 et 2000). Les deux autres commissaires scientifiques étaient S. Hergueta et P. Clément. Cette exposition avait décidé de mettre au centre de son message les notions de réseaux neuronaux, d'épigenèse et de plasticité cérébrales, ainsi que la notion d'*umwelt* (à chacun son monde : Clément, 1999b). C'est un extrait de cette exposition qui est cité par le manuel scolaire.

au déterminisme génétique, que nous allons commenter ci-dessous) : définition de la « *neuroplasticité* » dans les mots-clés (limités à deux mots), deux des trois points des « *idées à retenir* » et la moitié du schéma bilan.

Enfin, dans les exercices qui terminent ce chapitre (p. 238-241), la page 239 développe « *La plasticité du système visuel de mammifères nouveaux-nés* » tandis que la page 241 reprend un exercice donné au bac à partir de documents sur l'habituation chez l'aplysie.

Au total, nous ne pouvons que nous réjouir de voir enfin la notion de plasticité cérébrale introduite en 1^{re} S, et le terme « épigénèse » être cité, même si ce n'est qu'une fois. Cependant, une gêne subsiste lors de l'analyse de ce manuel, surtout si on le compare aux manuels de 1^{re} L (voir plus bas). Cette gêne porte sur les deux points suivants.

Alors que tous les apprentissages humains (aussi bien moteurs qu'intellectuels : parler, lire, compter, chanter, jouer des instruments...) ne sont possibles que par les processus d'épigénèse cérébrale, au cours desquels se configurent puis se stabilisent plus ou moins nos réseaux neuronaux, les exemples pris dans ce manuel ne concernent que des animaux : les rongeurs, avec l'exemple longuement traité des vibrisses, et des exemples plus courts sur le singe et le chat. Aucun ne concerne l'homme, alors que les informations scientifiques sur l'homme ne manquent pas. Comment dès lors espérer que les élèves de 1^{re} S comprennent l'importance de ces processus d'épigénèse et plasticité cérébrales ? Sinon, peut-être, en extrapolant le cas des vibrisses de rongeurs ou des privations visuelles précoces chez le chat ou le singe, à des accidents possibles chez l'homme (un doigt coupé, la perte d'un œil). Mais, ne sont-ce pas là des cas certes importants mais exceptionnels par rapport à l'ampleur que devrait prendre cette notion d'épigénèse pour comprendre nos apprentissages et la construction progressive de notre identité ?

Le second point concerne la volonté des auteurs du manuel de maintenir un équilibre entre le déterminisme génétique et les processus épigénétiques (nommés neuroplasticité). C'est ainsi qu'ils interprètent le programme (tableau I : « *La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux* »). Nous avons commenté plus haut l'expression « *la part de* » qui renvoie à un modèle additif n'ayant aucun sens ici. Les auteurs du manuel conservent pourtant cette expression et la déclinent en additionnant des informations juxtaposées d'une façon qui se révèle, à l'analyse, moins neutre qu'ils ne l'espéraient. C'est ce que nous allons commenter à présent.

La « *part du génotype* » occupe, dans le chapitre 12 du manuel Nathan 1^{re} S, le même nombre de pages que la plasticité (décrite dans les lignes précédentes).

Le TPI (p. 224 et 225) s'intitule « *Génotype et système nerveux* ».

La page 224 concerne « *Le système nerveux des jumeaux monozygotes* ». C'est un thème qui intéresse tous les élèves (contrairement aux vibrisses des rongeurs) avec une dimension émotive forte. D'après le bilan des TP (p. 230), on comprend que l'objectif de la comparaison d'images IRM prises chez les deux jumeaux a pour premier objectif de montrer leur similitude résultant du fait qu'ils ont le même génotype. C'est l'exemple type de la pseudo-démonstration, puisque cette similitude des structures cérébrales internes s'observerait tout aussi bien chez des humains sans parenté⁹. Le second objectif de cette activité est de montrer que, même chez des jumeaux monozygotes, il existe de petites différences entre leurs cerveaux, en particulier dans le cas présenté où l'un des deux jumeaux est schizophrène. Il s'agit d'illustrer les limites du déterminisme génétique. Le recours à des vrais jumeaux est justifié mais l'activité proposée est plus complexe que celle imaginée par les auteurs du manuel. En effet, comment prouver, à partir des deux seules images reproduites dans le manuel, que les petites différences observées ne résultent pas de petites différences dans le niveau ou l'orientation des deux tomographies¹⁰ ? À cet égard, les images 3D reproduites par Changeux (2002¹¹), montrant que la taille du *planum temporale* n'est pas la même chez des jumeaux monozygotes quand l'un est gaucher et l'autre droitier, sont plus explicites. Cet exemple serait plus parlant pour les élèves qui savent peu de choses sur la schizophrénie (sans parler des débats non clos entre scientifiques sur les diverses origines possibles de cette pathologie).

La page 225 aborde un autre thème : « *Mutations et développement du cervelet chez la Souris* ». Les images comparent la structure du cervelet chez la souris « normale » et chez deux mutants « *weaver* » et « *reeler* ». L'objectif (p. 230) est de montrer que « *l'organisation et le fonctionnement des circuits neuronaux sont altérés par certaines mutations* ». Le paradoxe est que ce sont des travaux sur les mêmes types de mutants cérébelleux de souris qui ont permis à Danchin et Changeux de formuler la théorie de l'épigenèse par stabilisation sélective des synapses, théorie largement popularisée depuis (Changeux 1983), mais dont le manuel scolaire ne dit pas un mot. Ici l'exemple illustre seulement le déterminisme génétique de l'organisation neuronale dans le cervelet.

La page 232 (dans la partie « *Documents pour mieux comprendre* ») présente en détail « *des formes d'insensibilité congénitale à la douleur* ». C'est là encore un exemple humain qui frappe l'imagination avec une forte dimension émotive. Ce

9 Nous ne voulons pas dire que le génotype ne serait pas en relation avec l'organisation interne du cerveau humain, mais que c'est, de façon plus globale, le génotype humain qui est lié à ces plans d'organisation, sans avoir besoin de l'identité totale des génotypes telle qu'elle existe chez les jumeaux monozygotes.

10 Une tomographie cérébrale est l'image virtuelle d'une tranche fine d'un cerveau vivant. Les spécialistes travaillent sur des coupes virtuelles sériées, l'image observée variant d'une coupe (tomographie) à l'autre. Comparer deux individus à partir d'une seule tomographie par individu présuppose le choix de niveaux et plans de coupes rigoureusement équivalents, ce qui est loin d'être simple. Les spécialistes ont aussi une approche statistique pour comparer deux individus. Ces précautions ne sont pas précisées dans le manuel.

11 La page 288 de cet ouvrage de Changeux reproduit les résultats publiés par Steinmetz et al. (1995, *Cereb. Cortex*, 5, p. 296-300.)

déterminisme génétique strict est développé sur une page entière, en vis-à-vis de deux autres exemples, dont celui traitant de la plasticité cérébrale (l'épigénèse dans les voies visuelles des chatons, présentée plus haut) qui n'occupe qu'une demi-page. La balance entre épigénèse et déterminisme génétique penche ici en faveur de ce dernier par le volume et la charge émotive.

La synthèse du chapitre est le dernier passage de ce manuel que nous souhaitons discuter ici. La partie intitulée « *1. La part du génotype...* » est scientifiquement correcte dans sa conclusion (« *le phénotype est déterminé par les interactions du génotype avec les facteurs environnementaux, y compris dans ce cas l'expérience vécue* »). Mais elle commence par une phrase plus contestable : « *La construction du système nerveux, et donc des réseaux de neurones qui caractérisent son fonctionnement, est déterminée par le génotype* ». Ce texte résume ensuite les exemples présentés précédemment pour conclure de façon très affirmative : « *Toutes ces données sont autant d'arguments en faveur d'une influence fondamentale du génotype dans le fonctionnement du système nerveux*¹² ». Ce qui suit immédiatement est : « *Ces résultats doivent cependant être discutés* », phrase qui introduit un paragraphe court sur l'influence possible de l'environnement et son interaction avec le génotype.

En résumé, notre analyse de ce manuel de 1^{re} S met en évidence une dissymétrie dans la présentation du déterminisme génétique d'une part, et de l'épigénèse/plasticité de l'autre. Le premier est affirmé, démontré, illustré par des exemples humains qui concernent tous les élèves. Le second est juste discuté, introduit pour nuancer le premier et illustré par des exemples sur les animaux qui sont plus étrangers aux préoccupations des élèves. Cette dissymétrie révèle une idéologie implicite héréditariste, sans doute à l'insu même des auteurs du manuel qui semblent avoir cherché à exposer une position synthétique équilibrée donnant la même surface aux déterminismes génétiques et épigénétiques.

L'époque du « tout génétique » dominant dans les programmes et dans les manuels scolaires (Abrougui, 1997 ; Atlan, 1999 ; Forissier & Clément, 2003) a donc laissé quelques traces dans ce manuel, malgré le changement de paradigme et de programme qui introduit l'épigénèse et la plasticité cérébrales.

Nous n'avons pas la place de présenter une analyse aussi précise d'autres éditions de manuels de 1^{re} S. Nous nous limitons à quelques remarques relatives à deux d'entre elles.

Dans le manuel édité par Bordas (2001), nous retrouvons les mêmes tendances que celles notées dans le manuel étudié ci-dessus (Nathan), avec un héréditarisme persistant dont témoignent les citations suivantes (c'est nous qui soulignons) :

¹² L'ambiguïté sémantique concerne la signification à donner au terme « fonctionnement ». Le sens que les auteurs semblent donner au terme (les propriétés élémentaires des neurones, la mise en place de l'architecture du cerveau au cours de l'embryogenèse) n'est pas le sens que va lui donner tout élève ou autre lecteur. Pour eux, il s'agit du fonctionnement chez l'enfant et l'adulte et de performances telles que l'intelligence (dont le manuel ne dit pas un seul mot, induisant par là même la possibilité d'un dérapage interprétatif).

– « Quelle est **la part** du génome dans la mise en place d'un tel câblage ? » (p. 226) ;

– « L'étude de souris présentant des troubles moteurs a permis de montrer **un contrôle génétique** de la construction des réseaux » (p. 226) ;

– « Cette chaîne (de neurones) étant toujours organisée de la même façon, nous devons admettre qu'elle est mise en place au cours du développement embryonnaire **sous le contrôle génétique**. » (p. 231).

Cependant, le manuel Hatier (2001) se distingue des deux précédents en évoquant plus explicitement les interactions entre génotype, environnement et phénotype au cours du développement et ensuite lors de la vie embryonnaire puis jusqu'à l'âge adulte :

– « ... ; au sein d'une même espèce, on constate une variabilité individuelle : même les cerveaux de vrais jumeaux sont différents. Le cerveau et le système nerveux, en général, comportent une part d'individualisation qui n'est pas dictée par le génome mais par l'influence de l'environnement sur l'expression de ce génome. » (p. 183). Notons la présence de l'exemple fort (par sa charge émotive) de cerveaux différents chez des jumeaux homozygotes. Mais la phrase suivante fait encore référence à un modèle additif, avec « une part » dictée par le génome et une autre par l'environnement ;

– « ... une période critique pendant laquelle la mise en place de l'architecture du cortex, génétiquement déterminée, est influencée par les conditions de l'environnement. » (p. 183). Cette citation est plus explicite quant aux interactions entre génome et environnement, mais elle les limite à la construction anatomique du cerveau, durant une période critique précise, ne permettant donc pas aux élèves de concevoir ces interactions au niveau de leurs réseaux neuronaux, à l'occasion de leurs apprentissages durant toute leur vie.

5.3. En France, en 1^{re} L : les bases du constructivisme

En 1^{re} L, le système nerveux est abordé, comme le stipule le programme, par « la représentation visuelle du monde ». Nous ne prendrons ici, faute de place, qu'un exemple, le manuel de 1^{re} L édité par Bordas (2001). Il comporte deux chapitres :

– le chapitre 1 : « L'œil : de la lumière aux messages nerveux » (p. 7 à 30). Nous ne l'analyserons pas, signalant juste que, dès le début du chapitre (p. 8), il est clairement indiqué que « on voit avec son cerveau », ce qui est l'objet du chapitre 2 ;

– le chapitre 2 : « La vision, une construction cérébrale » (p. 31 à 50). L'intitulé même de ce chapitre est constructiviste, et son contenu aussi. Le chapeau qui suit le titre (p. 31) indique que « l'objectif de ce chapitre est de comprendre comment chacun peut élaborer sa propre représentation du monde ».

Il n'est pas besoin d'un grand nombre de pages pour présenter un contenu scientifique conforme aux connaissances actuelles sur la construction du cerveau

et de ses réseaux neuronaux, et qui échappe aux contradictions signalées ci-dessus dans les manuels de 1^{re} S.

Cet objectif est atteint par cinq paires de pages correspondant chacune à une activité pratique :

– « *De la rétine au cerveau* » (nous y reviendrons dans la partie 6 du présent travail) ;

– « *Voir : une fonction cérébrale* » localisant en imagerie cérébrale plusieurs aires visuelles corticales ;

– « *L'élaboration d'une perception visuelle intégrée* » localisant les aires corticales spécialisées dans le traitement respectif des couleurs, des formes et du mouvement ;

– « *L'intervention de substances chimiques* » introduisant l'action du LSD et d'autres drogues ;

– « *À chacun sa propre vision du monde* » : c'est la partie qui concerne la plasticité cérébrale. Elle est divisée en deux : A : « *Des perceptions différentes* » et B : « *La plasticité du cerveau* ».

La partie B présente trois exemples :

– deux images de microscopie optique montrant un grand nombre de synapses sur des fibres chez une souris, 48 heures après sa naissance, et un petit nombre de synapses au même endroit si la souris du même âge a été privée de lumière dès sa naissance ;

– l'exemple de la plasticité des connexions neuronales dans les voies visuelles de chatons, soit élevés normalement, soit avec un œil suturé.

– une citation, d'un article de la revue *La Recherche*, expliquant qu'une zone corticale précise n'est activée que lorsqu'une personne regarde des mots écrits. Ainsi elle n'a pu se développer que lorsque l'enfant a appris à lire. Nous trouvons donc ici un exemple qui associe clairement la plasticité cérébrale à un apprentissage intellectuel (savoir lire), exemple plus parlant pour les élèves que celui des vibrisses d'un rongeur.

Enfin la synthèse de ce chapitre (p. 44-46) se termine par la partie intitulée : « *Le développement des facultés visuelles* », elle-même divisée en 3 paragraphes :

– « *I. Le rôle des gènes* ». Il n'est pas éludé, mais clairement expliqué pour ne pas être en contradiction avec le paragraphe suivant sur la plasticité. Il est d'abord expliqué que « *de nombreux gènes concourent à la réalisation de la fonction visuelle* ». Ils sont tous nécessaires et l'exemple du daltonisme montre le rôle précis de l'un d'eux. Ce paragraphe se termine par cette conclusion qui annonce la suite : « *ainsi,*

hormis certaines anomalies, tous les êtres humains possèdent à la naissance les mêmes **potentialités** visuelles. Cependant, ce système visuel est encore très **immature** »¹³ ;

– « 2. Une étonnante plasticité du cerveau ». Tout en résumant les pages précédentes, ce paragraphe apporte des informations essentielles. Après avoir expliqué en quoi « les **stimulus visuels** sont nécessaires au développement du système visuel », il expose dans un langage simple la théorie de l'épigénèse par stabilisation sélective des synapses sans la nommer : « de nombreux circuits neuroniques sont possibles à la naissance, mais l'exercice de la vision **sélectionne** et **stabilise** les circuits qui sont fonctionnels ». Le même paragraphe continue en expliquant « le remodelage permanent des structures corticales sous l'influence de l'environnement ». Il prend l'exemple des sourds chez qui « le cortex visuel s'approprie une partie du cortex normalement destiné à l'audition » et l'exemple de l'aire corticale des « mots vus » ;

– « 3. Chacun a sa propre vision du monde ». Ce paragraphe sur la plasticité « explique que l'**environnement** puisse contribuer à façonner les potentialités individuelles ». « Les apprentissages et les **expériences** acquises sont à l'origine d'une organisation des neurones qui est variable d'une personne à une autre ». Finalement, ce paragraphe conclut : « aucun cerveau ne voit le monde de la même façon ! ».

Ainsi, l'épigénèse cérébrale peut être expliquée en termes simples à des lycéens littéraires, avec des exemples sur le cerveau humain qui les concernent directement (lecture, sourds...) et sans contradiction avec « le rôle des gènes » (l'expression « la part des gènes » est évitée) qui n'est en rien contradictoire avec les processus épigénétiques présentés ensuite (peu importe que le terme « épigénèse » ne soit pas présent, quand son contenu l'est). Ainsi nous constatons un contraste net par rapport au manuel de I^{re} S analysé ci-dessus, manuel qui consacrait pourtant un plus grand nombre de pages à ces questions.

La comparaison entre ces deux manuels est un bel exemple d'interaction entre des connaissances scientifiques (choix des exemples présentés et messages des conclusions tirées de ces exemples), des valeurs (constructivisme en I^{re} L, héréditarisme persistant en I^{re} S, même s'il est juxtaposé à du constructivisme) et des pratiques sociales (les effets du LSD et d'autres drogues sont abordés en I^{re} L). De façon plus générale, le choix des connaissances enseignées en I^{re} S ou I^{re} L semble dépendre de l'image que les auteurs ont des pratiques professionnelles qui s'ouvrent aux élèves respectifs de ces deux filières.

Comme nous l'avons signalé plus haut, à partir de l'analyse des programmes de ces deux classes, les élèves de I^{re} L sont volontairement sensibilisés à des questions qui ouvrent à la philosophie et à l'art et à des problèmes de société actuels. Ces conceptions illustrent l'importance du pôle P (pratiques sociales) dans notre

¹³ Les mots en gras sont également en gras dans le manuel scolaire analysé. Il en est de même dans les citations qui suivent.

modèle KVP (analysant les conceptions en tant qu'interactions entre connaissances scientifiques, systèmes de valeurs et pratiques sociales, cf. figure 1).

A contrario, les élèves de 1^{re} S n'ont pas droit à ces sensibilisations. Les connaissances enseignées sont plus héréditaristes, comme si la science enseignée à des élèves plus scientifiques devait être plus réductionniste. Les manuels sont conformes au libellé du programme reproduit dans le tableau 1. Mais comment se fait-il qu'un modèle d'interaction soit proposé en 1^{re} L alors qu'un modèle additif (dépassé) soit préféré en 1^{re} S ? L'argument de la simplicité des modèles ne tient pas ici, puisque les contenus scientifiques présentés en 1^{re} L sont plus courts et plus simples que ceux présentés en 1^{re} S. Nous reviendrons sur cette discussion en conclusion.

6. Présence ou non de rétroactions dans la perception sensorielle et les mouvements

6.1. La perception sensorielle

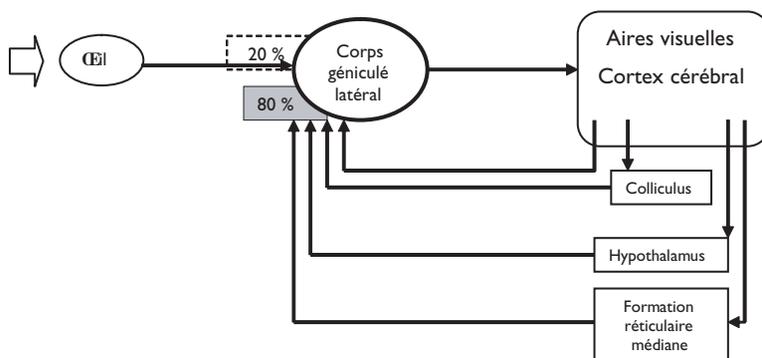
En France, la perception sensorielle est largement enseignée, à plusieurs niveaux : en 5^e, en 3^e et encore en 1^{re} (toutes filières mais avec des programmes différents : voir le tableau 1). Nous nous limiterons à un seul critère dans les manuels scolaires : la présence ou non de rétroactions. Ainsi la vision (cas le plus fréquemment traité) ou les autres perceptions sensorielles sont-elles présentées comme une suite linéaire de processus ou comportent-elles des rétroactions, des boucles de régulation ?

En effet, nous savons que les perceptions sensorielles sont en permanence régulées comme la plupart des phénomènes biologiques.

Dans le cas de la perception visuelle, avant d'atteindre le cortex visuel, les axones des cellules ganglionnaires de la rétine font relais dans un noyau gris du thalamus, le corps genouillé latéral. Les neurones de ce noyau, dont les axones sont les seuls supports par lesquels transite l'information visuelle depuis l'œil jusqu'au cortex visuel, ne reçoivent que 20 % seulement de leurs afférences à partir des yeux (nerfs optiques), tandis que 80 % viennent d'autres zones du cerveau (Singer, 1980, citée par Varela, 1989). Il n'y a donc pas une transmission linéaire simple de l'information visuelle depuis les yeux jusqu'au cortex visuel du cerveau, mais un système massivement bouclé. Arrivant dans le corps géniculé latéral, les axones qui ne viennent pas des yeux forment 80 % des afférences, provenant du colliculus

supérieur¹⁴, de l'hypothalamus¹⁵, de la formation réticulée¹⁶ et du cortex cérébral lui-même¹⁷ (figure 2).

Figure 2. Les voies visuelles indiquant les rétroactions entre le cortex et le noyau du thalamus où font relais les axones qui viennent de l'œil (le corps géniculé latéral, encore appelé le corps genouillé latéral) modifié d'après Varela (1989) qui l'avait schématisé à partir de Singer (1980)



Notre analyse des manuels scolaires français et tunisiens, de tous niveaux, montre qu'aucun des schémas des circuits visuels ne présente les rétroactions sur le corps géniculé, comme représentées sur la figue 2, et de façon plus schématique dans les diagrammes (4) et (5) de la figure 3.

Dans les manuels scolaires français et tunisiens, la grande majorité des schémas correspond au diagramme (1) de la figure 3. Dans certains manuels, le schéma du trajet de l'information visuelle est plus détaillé, correspondant au diagramme (2) de la figure 3, avec une succession d'aires visuelles dans le cortex cérébral, en chaîne linéaire¹⁸. Plus rarement sont dessinées des interactions entre les aires visuelles du cortex¹⁹ ou des interactions plus arbitraires dans la totalité du cerveau

14 Clément (1999c) a résumé les principales interactions entre vision et équilibration (oreille interne). La perte de la sensibilité d'une oreille interne provoque un trouble profond de la vision (nyctagmus oculaire) qui se corrige par un phénomène de plasticité cérébrale classique.

15 La vision est fortement corrélée à l'état émotif, contrôlé notamment à partir de l'hypothalamus, lui-même carrefour neuro-hormonal influencé par ce que nous voyons.

16 Cette formation joue un rôle essentiel dans les rêves. Durant ceux-ci, le cerveau voit en utilisant ses circuits et aires visuelles, sans qu'il y ait apport des 20 % d'afférences venant des yeux, puisqu'ils sont fermés.

17 On ne peut pas voir sans interpréter ce qu'on voit. Cette boucle de rétroaction explique par exemple que le nom de ce que l'on regarde émerge à notre insu, mais aussi que, souvent, on n'arrive même pas à voir un détail auquel on ne donne pas de sens. Ces processus concernent directement l'enseignement des SVT, où l'observation joue un grand rôle.

18 Placé ainsi en bout de la chaîne de la vision, un centre intégrateur supérieur prend-il la place symbolique qu'occupait au xvii^e siècle la glande pituitaire, siège de l'âme chez Descartes ?

19 Les manuels de 3^e (Nathan 1999, p. 183), 1^{re} L (Bordas 2001, p. 45) et 1^{re} L (Hachette 2001) insistent sur les interactions entre différentes aires corticales au cours de la perception visuelle :

- le traitement du mouvement, de la couleur et de la forme correspondent à l'aire occipitale ;
- l'identification de l'objet observé sollicite une aire temporale ;
- la localisation de l'objet se réalise dans une aire pariétale.

(en 5^e en France : c'est ce diagramme que nous avons repris dans le schéma (3) de la figure 3). Quant aux diagrammes (4) et (5) de la figure 3, ils n'ont été trouvés, jusqu'ici, dans aucun des manuels scolaires consultés. Même dans le manuel de 1^{re} L, analysé ci-dessus, le schéma synthétique (page 47) reste linéaire, du type (2) sur la figure 3, aboutissant à un centre cérébral intitulé « *perception visuelle intégrée* = *vision du monde* », centre nerveux vers lequel convergent, d'une part, des informations venant des aires visuelles du cortex et, d'autre part, des informations venant de « *l'expérience individuelle* ». Le type (4) de la figure 3 précise certaines des interactions schématisées arbitrairement dans le diagramme (3) en représentant, de façon simplifiée, les rétroactions indiquées sur la figure 2 entre différentes zones cérébrales (cortex, hypothalamus, tectum, formation réticulée) et le thalamus (le corps genouillé latéral). Or, le thalamus, relais incontournable des voies visuelles, est par ailleurs situé et dessiné dans la plupart des manuels français de 1^{re} (y compris celui de 1^{re} L auquel nous venons de nous référer, sur la même page 47) mais uniquement pour y localiser des synapses sensibles aux drogues comme le LSD. Indiquer des rétroactions (venant du cortex ou d'autres zones de l'encéphale) sur ces neurones du corps genouillé latéral n'introduirait pas un surcroît insurmontable d'informations et permettrait d'apporter une certaine cohérence et des réponses aux questions que peuvent se poser les élèves. Cela pourrait aussi permettre d'explicitier les coordinations entre la vision et d'autres sensorialités, comme suggérées par le diagramme (5) de la figure 3 entre la vision et l'équilibration, sans entrer pour autant dans les circuits complets des trajets sur cet exemple classique de plasticité cérébrale consécutive à la section du nerf qui vient de l'oreille interne (Clément, 1999c).

En Tunisie, le seul manuel tunisien abordant la perception sensorielle est celui de la 9^e année de base (équivalent de la 3^e en France). Dans ce manuel, 13 pages sont consacrées à « *la sensibilité consciente* », sur les 34 pages qui abordent le système nerveux (thème : la fonction de relation). La vision est traitée dans ce manuel en 7 pages (essentiellement les constituants et le fonctionnement de l'œil, une seule page étant consacrée au rôle du cerveau dans la vision). Les autres perceptions sensorielles sont abordées, indépendamment les unes des autres, en 6 pages (la sensibilité générale, l'audition, le goût, l'odorat et leurs liens vers le cerveau). Tous les trajets des neurones sensoriels jusqu'au cerveau sont linéaires, sans la moindre rétroaction.

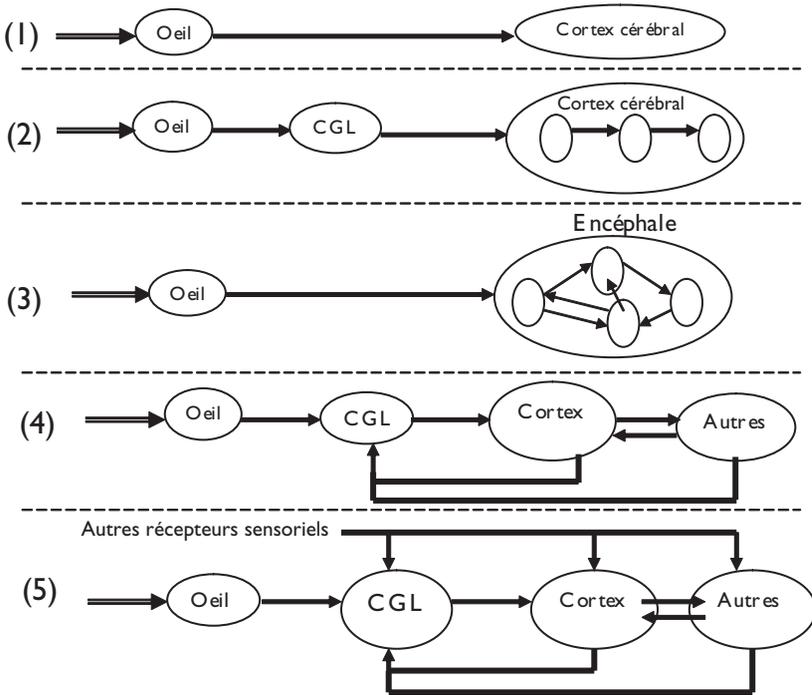
Dans les autres manuels tunisiens abordant le système nerveux au lycée (3^e et 4^e sciences expérimentales), seules les stimulations à l'origine des réflexes sont indiquées. La perception sensorielle proprement dite n'est pas abordée. Tous les trajets sont linéaires (voir plus haut pour ces schémas béhavioristes « Stimulus → Moelle épinière → Réponse »).

Figure 3. Quelques types de schémas pour les voies visuelles entre l'œil et le cortex cérébral

CGL = Corps géniculé latéral dans le thalamus ;

Autres = autres zones de l'encéphale.

Le diagramme (4) correspond à la figure 2, dans les diagrammes (3), le cortex cérébral est schématisé par une série d'interactions (arbitraires) entre différentes aires cérébrales

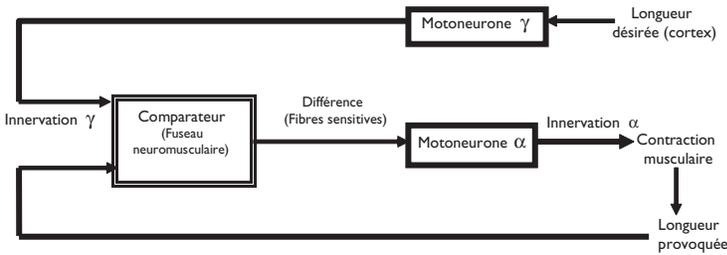


6.2. Le contrôle de la contraction musculaire

Le moindre mouvement est réglé chez un mammifère. La moindre contraction musculaire fait d'abord intervenir la contraction, par l'innervation gamma, de fuseaux neuromusculaires, qui envoient un message sensoriel au système nerveux central, qui transmet alors un ordre de contraction au muscle (innervation alpha) jusqu'à ce que la contraction attendue soit atteinte, les fuseaux neuromusculaires servant de comparateurs (figure 4, Carpenter, 1984).

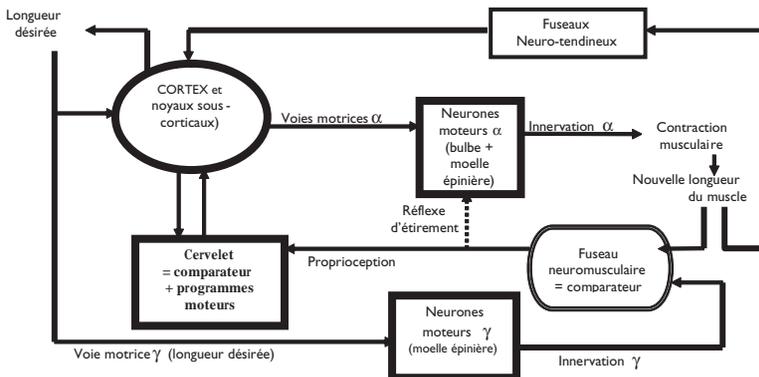
Figure 4. La contraction musculaire

Toute contraction musculaire résulte (1) de l'innervation gamma des fuseaux neuromusculaires ; (2) d'une stimulation alors envoyée par ces fuseaux vers le système nerveux central ; (3) celui-ci, par l'innervation alpha, provoque ensuite la contraction du muscle, donc aussi celle du fuseau neuromusculaire, qui joue ainsi le rôle de comparateur entre la contraction effective du muscle et la contraction désirée



Par ailleurs, le moindre mouvement d'un mammifère met aussi en jeu un autre comparateur qui participe à l'ajustement du mouvement : le cervelet. Il reçoit les fibres sensorielles kinesthésiques et peut stocker des automatismes moteurs acquis (comme ceux qui interviennent dans le jeu du violon). Le cortex intervient également dans ce contrôle des contractions musculaires volontaires, ainsi que plusieurs noyaux gris situés à la base du cerveau. Les récepteurs qui nous informent en permanence sur l'état de contraction de tous nos muscles sont, d'une part, les fuseaux neuromusculaires (proprioception) et d'autre part, les fuseaux neurotendineux. L'ensemble complet de ces rétroactions est représenté sur la figure 5 (Carpenter, 1984 ; Stewart *et al.*, 1997).

Figure 5. Schéma simplifié des principaux niveaux de contrôle de la contraction d'un muscle strié de mammifère (d'après Clément, cours de psychophysologie, 1990, université Claude-Bernard-Lyon I ; inspiré en partie de Carpenter, 1984)



La moindre contraction musculaire est d'une grande précision alliant contrôles régulés et ajustements subtils, eux-mêmes liés à nos interactions avec notre environnement. Ainsi, il est actuellement plus facile de créer et mettre en œuvre des algorithmes informatiques aussi performants que le meilleur joueur d'échecs au monde, que de permettre à un robot de verser du vin dans un verre sans en mettre à côté (Stewart, 1996).

Comment la contraction musculaire est-elle présentée dans les manuels scolaires ? Toujours selon un schéma linéaire, causal, hiérarchique, sans aucune régulation. Il peut être schématisé ainsi :

stimulus → cerveau (ou moelle épinière) → contraction du muscle

Avec parfois plus de détails pour les voies motrices :

cerveau → motoneurones (moelle) → innervation du muscle → contraction du muscle

Les schémas les plus complexes présentent les réponses motrices couplées de deux muscles antagonistes, extenseur et fléchisseur, mais l'ensemble reste linéaire, non bouclé.

Dans tous les manuels scolaires français consultés, du début du collège à la fin du lycée, aucun schéma de contraction musculaire, ni aucune explication dans le texte, ne font intervenir la double innervation gamma et alpha, ce qu'effectivement ne demande pas le programme. C'était au programme il y a une quinzaine d'années, mais ne l'est plus. Pourquoi ? Les élèves seraient-ils incapables de comprendre ce qu'est une régulation alors même qu'ils doivent maîtriser ce concept dans d'autres parties du programme (par exemple pour les régulations neurohormonales du cycle reproducteur chez la femme) ? Le président du groupe SVT du comité national des programmes (Calvino, dans un entretien avec des responsables du SNES²⁰) a pourtant affirmé que « *la démarche cybernétique peut être un outil pédagogique extraordinaire qui nous offre un langage, un formalisme extrêmement simple à manier...* ». Dans le même entretien, Calvino insiste sur l'intérêt d'introduire dans les programmes des concepts tels que l'homéostasie ou les servomécanismes. Le rôle de comparateur joué par les fuseaux neuromusculaires entrerait tout à fait dans cette perspective. De plus, l'innervation gamma n'est pas un processus marginal dans la contraction musculaire. En effet, Carpenter (1984), se référant à Matthews (1972), indique que le muscle soléaire du chat est innervé par 150 motoneurones α et 100 motoneurones γ .

Parmi tous les manuels scolaires étudiés dans ce travail, seul un manuel tunisien (terminale sciences expérimentales, page 331) introduit l'innervation gamma et le rôle des fuseaux neuromusculaires avec un schéma simple. Mais il ne le fait que

20 SNES : Syndicat national de l'enseignement secondaire.

pour expliquer le réflexe myotatique, limitant son schéma à la moelle épinière (voir à ce propos l'analyse que nous avons faite de ce manuel dans la section 4.1.).

6.3. Bilan sur les schémas linéaires ou bouclés dans l'ensemble des manuels scolaires étudiés

Tous les phénomènes biologiques sont régulés. Alors que l'approche expérimentale permet d'isoler certains déterminismes causaux pour analyser ces phénomènes, l'enseignement de la biologie se limite trop souvent à un déterminisme linéaire causal où les notions de cycle et de régulation ne sont guère présentes (Hagenhauer, 1991 ; Schneeberger, 1993 ; Rumelhard, 1994 ; Clément, 1994b).

Les théories de la complexité et de l'autoorganisation (Morin, 1986 ; Varéla, 1989 ; Stengers, 1997) rendent compte de l'émergence de performances dont aucun des éléments du système n'est à lui seul capable (synthèse dans Clément, 1994b). Aucune propriété élémentaire d'un neurone ne peut permettre de prédire les émergences de type comportement ou pensée construites par des neurones en interactions.

Dans le cadre du projet européen *Biohead-Citizen* (présenté en conclusion de cet article), nous avons élaboré une grille d'analyse critique des chapitres portant sur le système nerveux dans les manuels scolaires. Nous l'avons mise en œuvre en France et en Tunisie. Dans les lignes qui suivent, nous présentons les résultats obtenus à partir d'un point précis de cette grille : les schémas relatifs au système nerveux sont-ils linéaires, ou bouclés (avec au moins une rétroaction) ?

Nous avons défini plusieurs catégories de schémas de trajets nerveux linéaires, selon qu'ils bifurquent ou non, ont plusieurs entrées (conditionnement dans un apprentissage par exemple) ou non, plusieurs sorties (contraction coordonnée de muscles antagonistes par exemple) ou non, etc. Nous avons aussi défini plusieurs catégories de schémas bouclés, selon, par exemple, qu'il s'agit d'un seul cycle ou de plusieurs qui interfèrent. Les résultats principaux sont synthétisés dans le tableau 3 où nous avons regroupé tous les schémas en deux catégories : linéaires ou bouclés.

Les résultats sont éloquentes : en France, il n'y a quasiment aucun schéma bouclé (cycles ou présence de rétroactions) à l'exception des manuels de terminale scientifique. Pour ces derniers, les 2 ou 3 schémas bouclés concernent le rétrocontrôle de l'hypothalamus par les hormones sexuelles masculines ou féminines (par exemple en pages 280 et 283 du Nathan). En ce qui concerne les schémas relatifs aux supports neuronaux des perceptions sensorielles, des apprentissages, des mouvements ou encore du contrôle de la pression artérielle, aucun n'est bouclé, aucun n'introduit ni ne suggère une notion de régulation.

Tableau 3. Occurrences des deux grands types de schémas (linéaires ou bouclés) synthétisant des trajets neuronaux ou neuro-endocrines, dans les manuels de l'enseignement secondaire SVT en Tunisie et en France

Pays	Manuel scolaire Editeur (Année édition), Niveau scolaire		Nombre images avec trajets nerveux linéaires	Nombre images avec au moins une rétroaction
Tunisie	CNP	9 ^e	4	0
Tunisie	CNP	3 ^e	9	0
Tunisie	CNP	4 ^e (Term S)	9	5
France	Bordas	(1997) 5 ^e	0	0
France	Nathan	(1997) 5 ^e	3	0
France	Bordas	(1999) 3 ^e	12	0
France	Nathan	(1999) 3 ^e	10	0
France	Bordas	(2000) 2 ^{de}	6	0
France	Nathan	(2000) 2 ^{de}	3	0
France	Bordas	(2001) 1 ^{re} L	2	0
France	Hachette	(2001) 1 ^{re} L	1	0
France	Bordas	(2001) 1 ^{re} ES	5	0
France	Hachette	(2001) 1 ^{re} ES	2	0
France	Bordas	(2001) 1 ^{re} S	11	0
France	Nathan	(2001) 1 ^{re} S	10	0
France	Hatier	(2001) 1 ^{re} S	16	0
France	Bordas	(2002) Term S	3	3
France	Nathan	(2002) Term S	0	2

En Tunisie, les 5 images du manuel de 4^e (terminales) sciences expérimentales illustrant des rétroactions concernent :

- deux schémas de rétrocontrôles exercés par des hormones sexuelles sur le complexe hypothalamo-hypophysaire (testostérone, p. 25 ; hormones ovariennes, p. 43) ;
- deux schémas sur les réflexes correcteurs de l'hypertension (p. 272) et de l'hypotension (p. 275) ;
- enfin la double innervation alpha et gamma dans le réflexe myotatique (schéma commenté plus haut).

Il ressort de cette analyse que les auteurs des programmes et manuels scolaires de SVT, en France comme en Tunisie, n'ont pas comme objectif de faire raisonner les élèves en termes de régulations, de rétroactions, de cycles, mis à part le cas (qui reste exceptionnel et doit donc être difficile à enseigner) du contrôle neuro-hormonal de la sécrétion des hormones sexuelles.

Or, nous le répétons, tous les phénomènes biologiques sont régulés et particulièrement le fonctionnement du système nerveux (rétroactions permanentes au sein des réseaux neuronaux, entre réseaux, entre aires corticales...). La situation est donc contradictoire avec l'idée annoncée par Calvino (qui présidait alors le comité national des programmes, cité ci-dessus) d'introduire les régulations dans l'enseignement des SVT (de l'homéostasie aux principes de la cybernétique et des servomécanismes).

Privilégier une approche analytique linéaire et causale à une approche qui intègre les notions de régulation, de cycle, de système, est un choix pédagogique doublement dangereux.

Ce choix est dangereux sur le plan scientifique et pédagogique tout d'abord. En effet, nos recherches ont montré que les premiers schémas associés à un concept nouveau par les élèves restent définitivement gravés dans leur mémoire (Clément *et al.*, 2003). Ils ne sont que difficilement ou jamais remplacés par des schémas explicatifs plus complexes pourtant introduits dans la suite de leurs études. L'idée d'une simplification excessive d'une connaissance scientifique, au prétexte que la connaissance scientifique actuelle, plus complexe, sera introduite ensuite pour la nuancer et la compléter, est un pari pédagogique et épistémologique risqué car la simplification sera mémorisée et le plus souvent peu ou pas remise en cause par l'enseignement ultérieur.

Ce choix est aussi dangereux sur le plan idéologique. D'une part car la seule prise en compte de démarches analytiques reliant un effet à une cause, colore la biologie d'une teinture réductionniste qualifiée par Canguilhem (1981) d'idéologie. D'autre part, habituer les élèves à privilégier des raisonnements simplistes et réducteurs (comme par exemple : un gène → un phénotype ; un microbe → une maladie ; une configuration cérébrale → un comportement...) pourrait les inciter à raisonner de la même façon dans d'autres domaines que la biologie pour expliquer des processus psychologiques, sociologiques ou politiques. Promouvoir une société plus basée sur des connaissances scientifiques, par une éducation scientifique et citoyenne des élèves et des étudiants, implique de ne pas réduire l'enseignement scientifique à des analyses réductionnistes. En effet transposé au niveau politique, ce réductionnisme privilégiant les raisonnements simplistes (une cause → un effet) à des raisonnements plus nuancés, plus démocratiques, incluant des régulations pourraient avoir des effets déplorables.

Ainsi, nos analyses révèlent l'existence et les enjeux d'interactions entre les connaissances scientifiques (K) à enseigner et des pratiques sociales (P) ainsi que des valeurs (V).

L'argument des pédagogues pour privilégier les mécanismes simples et ne les complexifier qu'ultérieurement dans le cursus scolaire, s'appuie sur la difficulté que les élèves auraient à assimiler des processus de régulation, plus subtils, nuancés,

interactifs que des déterminismes causaux simples. Des recherches restent à développer pour identifier à partir de quel âge, à l'école primaire, les élèves sont capables de conceptualiser des processus de régulation : sans doute plus tôt qu'on ne l'imagine en général. Quoi qu'il en soit, cet argument ne tient pas pour les enseignements sur le cerveau humain analysés ici puisqu'ils concernent l'enseignement secondaire et surtout le lycée. Or les élèves ont (et ont eu), à cet âge, d'autres enseignements fondés sur des régulations, non seulement sur le système nerveux (les cas rares que nous avons signalés, en particulier les régulations neurohormonales liées à la reproduction), mais surtout en écologie et dans d'autres disciplines que les SVT. Il serait utile d'introduire une formation transdisciplinaire introduisant la définition de ce qu'est une rétroaction par exemple, afin que les enseignants de plusieurs disciplines, et en particulier de SVT, puissent s'appuyer dessus lorsqu'ils traitent de la dimension régulée de la plupart des processus biologiques (au niveau des processus cellulaires, des grandes fonctions au sein d'un organisme, ou encore des écosystèmes et des dynamiques de populations).

7. Conclusions

Notre recherche a d'abord montré que les manuels scolaires, en France comme en Tunisie, sont pour l'essentiel conformes aux programmes qu'ils mettent en œuvre. Pour éviter les redondances, nous avons juste listé les titres des programmes, sans en analyser précisément les contenus afin de réserver cette analyse critique aux manuels scolaires (en sélectionnant des exemples significatifs dans quelques manuels). Une première conclusion est que les lacunes et critiques identifiées dans ce travail nous poussent, en tant que chercheurs en didactique de la biologie, à demander une révision des programmes, afin qu'en soient proposés de nouveaux qui prennent en compte les résultats de ce type de recherches.

Nous avons aussi signalé certaines différences d'un éditeur à un autre, en France (car en Tunisie il n'existe que l'édition officielle) pour le même programme du même niveau scolaire. C'est une facette de notre recherche sur laquelle le texte présenté ici n'est pas focalisé, mais qui sera développée dans un travail ultérieur. Il en est de même pour une comparaison plus systématique entre manuels tunisiens et français au cours des deux dernières décennies.

Le pôle P (pratiques sociales) des interactions KVP peut se décliner en trois types.

Une dimension relevant de l'éducation à la santé et à la citoyenneté, centrée sur une politique de prévention visant les pratiques des élèves (dangers de l'alcool et des drogues sur le cerveau et les comportements). Nous avons juste signalé que cette dimension est clairement affichée dans les programmes et manuels français alors qu'elle est absente dans les programmes et manuels scolaires tunisiens actuels. Il convient d'indiquer qu'elle sera fortement présente dans les

nouveaux programmes entrant en application à partir de septembre 2007 pour les terminales en Tunisie²¹.

Les futures pratiques professionnelles supposées des élèves français en fonction de leur filière (scientifique, littéraire ou économique et sociale). Les concepteurs des programmes et manuels ont différencié ces parcours, en choisissant des connaissances à enseigner qui diffèrent d'une filière à l'autre. Par exemple, la perception visuelle et la plasticité cérébrale sont plus développées en 1^{re} L pour ouvrir les élèves vers la philosophie et l'art. Nous avons montré que l'interaction KP (connaissances scientifiques/pratiques sociales) n'est pas dénuée de valeurs (V) sur lesquelles nous revenons plus bas. Cette différenciation des filières n'existe pas dans les programmes et manuels tunisiens actuels, mais là encore elle est en train de se mettre en place avec les tous nouveaux programmes.

Les pratiques sociales des enseignants qui ont pour conséquence d'éliminer les parties de programme jugées les plus complexes et à propos desquelles les enseignants se sentent le moins à l'aise. C'est ainsi qu'en France les chapitres consacrés au cerveau humain et à l'imagerie cérébrale n'étaient que rarement traités par les enseignants, il y a une dizaine d'années (Clément 1996, 1997). De même, en Tunisie, les programmes de 1990 abordaient des fonctions cérébrales telles que la mémoire, avec des illustrations issues de l'imagerie cérébrale, mais ces parties ont très vite été proposées par les enseignants dans les allègements et ont ensuite disparu dans les programmes de 1993 (où des thèmes comme la motricité volontaire et la vision étaient encore présents) puis dans les programmes de 1998 analysés dans le présent travail (et qui sont encore en œuvre jusqu'en 2007). À noter que l'imagerie cérébrale est totalement absente des manuels tunisiens actuels, à la demande, semble-t-il, d'enseignants qui en maîtrisaient mal l'interprétation. Elle est en revanche bien présente et actualisée dans les manuels français où ces images ont plusieurs fonctions, esthétique, illustrative et parfois même heuristique (Clément 1996).

Le présent travail a également mis en évidence de fortes interactions entre les choix de contenus scientifiques à enseigner (K) et les systèmes de valeurs (V) que nous avons tenté de caractériser sur chaque exemple. Pour conclure, nous allons recenser ces interactions KV.

Le spiritualisme (ou le dualisme cartésien). Alors que nos recherches ont jusqu'ici montré la prégnance du dualisme cartésien dans les conceptions des personnes interrogées (références citées dans l'introduction du présent travail), nous n'en avons pas trouvé de trace explicite dans les manuels scolaires étudiés. Mais l'analyse

21 Ainsi, en Tunisie, le nouveau programme de 2^e année secondaire (filiale lettres) qui vient juste d'entrer en application en 2005/2006, intègre la notion de toxicomanie (le tabagisme, l'alcoolisme et les drogues) avec un objectif d'éducation à la santé (« prendre conscience de la nécessité de se protéger contre ces fléaux et agir en conséquence »). Et les projets de programme de terminales (4^e sciences expérimentales et maths, équivalents aux terminales S en France) mentionnent « l'hygiène du système nerveux » en traitant les drogues et leurs « effets nocifs » sur le système nerveux.

suggère que ce dualisme est encore à l'œuvre dans les programmes et les manuels. Nous en rappelons deux signes. Tout d'abord une question : pourquoi les programmes (et à leur suite les manuels) conservent-ils tant de réticence à dire que la pensée, l'intelligence, sont des constructions cérébrales, au même titre qu'ils osent désormais dire que « *la vision est une construction cérébrale* »²² (Bordas 1^{re} L, p. 44) ? Ensuite nous avons montré que le cerveau est encore présenté comme étant aux commandes du corps, avec l'image d'un dualisme cerveau/corps qui n'est pas sans rappeler le dualisme esprit/corps²³.

Le positivisme. Nous en avons identifié des traces précises, surtout dans les filières scientifiques. Pour les élèves des filières scientifiques, seuls des exemples abondamment prouvés et acceptés par la communauté scientifique sont choisis alors que des exemples plus médiatiques et plus controversés, comme le déterminisme de l'intelligence ou les supports cérébraux de la pensée ne sont pas abordés. En revanche, ces questions peuvent être introduites dans les filières littéraires (1^{re} L). C'est ainsi que les élèves de 1^{re} S associeront la plasticité cérébrale aux vibrisses des rongeurs, tandis que ceux de 1^{re} L ont la possibilité de comprendre en quoi notre cerveau plastique construit sans cesse et mémorise des connaissances.

Le réductionnisme et l'héréditarisme. Canguilhem (1981) avait déjà mis en évidence l'idéologie de la biologie en l'identifiant à son approche anatomisante, puis réductionniste (voir aussi Clément *et al.*, 1981). L'idéologie du déterminisme génétique, que nous appelons « héréditarisme » (Rumelhard, 1986 ; Abrougui & Clément, 1997 ; Abrougui, 1997) en est une des manifestations les plus prégnantes et a été dominante durant la période du « *tout génétique* » (Atlas, 1999, voir d'autres références sur ce sujet dans l'introduction du présent travail). Nous avons ici mis en évidence des choix de contenus, dans des manuels de 1^{re} S ainsi que dans les manuels tunisiens, qui témoignent de la persistance de cette idéologie (place importante des réflexes innés et insistance à utiliser une expression scientifiquement dépassée comme la « *la part des gènes* »).

Le béhaviorisme. C'est sans doute à cet égard que nos résultats sont les plus nets. Le parti pris béhavioriste du manuel tunisien de terminale S est explicite. Après avoir présenté les réflexes innés (signalons à nouveau que le béhaviorisme fait bon ménage avec l'héréditarisme), il cite et illustre les travaux de Pavlov et de Skinner. Dans ce manuel, tous les comportements sont présentés comme des

22 L'argument positiviste, que nous discutons plus bas, sera peut-être avancé pour répondre à cette question : il y aurait moins de données consensuelles sur le cerveau constructeur de la pensée que sur le cerveau constructeur d'interprétations visuelles. Ce qui ne semble pas exact. Les supports cérébraux du langage (parlé, lu, écrit) qui structurent nécessairement la pensée, commencent à être connus. Nous avons d'ailleurs signalé qu'un manuel de 1^{re} L fait déjà référence à l'aire corticale des « mots lus ».

23 Dans plusieurs travaux, Clément a montré la continuité de pensée entre, d'une part, le fait de mettre les gènes ou le cerveau au pouvoir et, d'autre part, la pensée religieuse de la prédestination (Clément & Forissier, 2001) : tout serait programmé, non plus par dieu, mais par l'ADN ou par le cerveau. Dans leur ouvrage *Ni dieu, ni gènes*, Kupiec et Sonigo (2001) développent le même type d'argument.

réflexes soit innés, soit conditionnés, y compris les fonctions cérébrales supérieures. Dans les manuels français, le béhaviorisme n'est pas aussi omniprésent et exclusif. Nous avons cependant souligné qu'il est la seule référence des schémas de trajets nerveux en 5^e, 3^e et 1^{re} S. Mais, dans les nouveaux programmes de 1^{re}, il est contrebalancé par les notions d'épigenèse et de plasticité cérébrales (conception constructiviste).

Le constructivisme. Il est présent dans les programmes et manuels français (mais pas encore en Tunisie). En développant les notions d'épigenèse et de plasticité cérébrales (même si le terme d'épigenèse n'est quasiment pas utilisé), ils commencent à poser les bases biologiques du constructivisme. Ils le font de façon plus explicite dans la filière littéraire (1^{re} L) que dans la filière scientifique (1^{re} S) où ces notions restent encore juxtaposées à celles sur le déterminisme génétique du cerveau et de son fonctionnement, sans interaction claire entre les déterminismes génétiques et épigénétiques. Ces interactions sont en revanche assez claires pour les 1^{re} L. Ce pas en avant dans les programmes et manuels de SVT mérite d'être souligné et encouragé en espérant que les programmes ultérieurs présenteront plus encore les bases neurobiologiques du constructivisme.

Les régulations. Alors qu'un ouvrage coordonné par Rumelhard insistait déjà en 1994 sur l'importance d'introduire la notion de régulation à tous les niveaux et dans tous les thèmes de l'enseignement des SVT, les programmes et manuels scolaires français n'ont guère évolué dans ce sens, bien au contraire (avec la disparition de l'innervation alpha et gamma et des fuseaux neuromusculaires, qui régulent toute contraction musculaire). Nous avons mis en évidence cette lacune, d'abord sur deux exemples puis en analysant toutes les images de trajets nerveux dans tous les manuels scolaires choisis (5^e, 3^e, 2^{de}, 1^{re} et terminale S en France et leurs équivalents en Tunisie). Nous avons conclu cette analyse en soulignant les dangers de la réduction de fonctionnements régulés en déterminismes linéaires simples, isolant une cause et un effet. Dangers par rapport au savoir scientifique actuel, car tous les phénomènes biologiques sont régulés : pourquoi alors ne pas l'enseigner aux élèves ? Mais dangers aussi par rapport à une éducation citoyenne, qui doit former les élèves à pouvoir critiquer tous les simplismes réducteurs (et ceux-ci sont le plus souvent associés à des valeurs, en particulier à des idéologies réductionnistes). Former les élèves à identifier ces simplismes, ces idéologies, afin qu'ils aient les moyens de forger et d'assumer leurs propres positions est aussi une des fonctions éducatives de l'enseignement des SVT.

C'est sur la base de tels constats qu'a été mis sur pied un projet de recherche européen²⁴ concernant 19 pays (dont 6 hors de l'Europe) pour analyser les programmes et manuels scolaires ainsi que les conceptions des enseignants et futurs enseignants, sur 6 thèmes, dont le cerveau humain et la génétique humaine.

²⁴ *Biohead-Citizen (Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship)* : <http://www.biohead-citizen.net>

L'objectif de ces recherches est d'améliorer les programmes et manuels scolaires dans les 19 pays concernés (dont font partie la France et la Tunisie) et d'identifier, dans les conceptions des enseignants, ce qui pourrait faire obstacle à un renouvellement des enseignements (sur le cerveau humain par exemple). Le présent travail est une première contribution à ce projet. ■

REMERCIEMENTS

Notre recherche a bénéficié notamment du soutien du projet européen *Biohead-Citizen* (*Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship*, Specific Targeted Research n° CICT-CT-2004-506015, FP6, Priority 7, 2004 à 2007), et du projet PCSI de l'AUF (Agence universitaire de la francophonie) « Développer plus de citoyenneté dans l'enseignement de la Biologie et de l'Environnement » (2005 & 2006).

BIBLIOGRAPHIE

- ABOU TAYEH P. (2003). *La biologie entre opinions et connaissances : Conceptions d'enseignants et d'étudiants libanais sur le cerveau et son épigénèse, et sur d'autres déterminismes génétiques/épigénétiques*. Thèse de doctorat en didactique, université Claude-Bernard-Lyon I, Lyon.
- ABROUGUI M. (1997). *La génétique humaine dans l'enseignement secondaire en France et en Tunisie. Approche didactique*. Thèse de doctorat en didactique, université Claude-Bernard-Lyon I, Lyon.
- ABROUGUI M. & CLÉMENT P. (1997). Enseigner la génétique humaine : citoyenneté ou fatalisme ? In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Éd.). *Actes JIES (Journées internationales sur l'éducation scientifique)*, Chamonix, n° 19, p. 255-260.
- ATLAN H. (1999). *La fin du « tout génétique »*. Paris : INRA Éditions.
- BUISSERET P. (Éd.) (1999). *Mille cerveaux, mille mondes*. Paris : Nathan : MNHN.
- CANGUILHEM G. (1981). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris : Vrin.
- CARPENTER R.H.S. (1984). *Neurophysiology*. London : Edward Arnold.
- CHANGEUX J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.
- CHANGEUX J.-P. (2002). *L'homme de vérité*. Paris : Odile Jacob.
- CHANGEUX J.-P. & RICŒUR P. (1998). *Ce qui nous fait penser : la nature et la règle*. Paris : Odile Jacob.

- CHEVALLARDY. (1985). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- CLÉMENT P., BLAES N., BLAINEAU S., DEBARD E., JOURDAN F. & LUCIANI A. (1981). *Biologie et société : le matin des biologistes ?* Paris : Éd. Raison Présente.
- CLÉMENT P. (1984). Didactique et représentations des comportements humains sans supports neurobiologiques ? *Bull. SFECA*, n° 1, p. 75-77.
- CLÉMENT P. (1986). *Réaliser une animation scientifique*. Lyon : T de T.
- CLÉMENT P. (1993). Conceptions sur le cerveau : santé et normalisation. In J.-Cl. Beaune (dir.). *La philosophie du remède*. Seyssel : Champ Vallon, p. 154-174.
- CLÉMENT P. (1994). La difficile évolution des conceptions sur les rapports entre cerveau, idées et âme. In A. Giordan, Y. Girault & P. Clément *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang, p. 73-91.
- CLÉMENT P. (1994b). De la régulation à l'auto-organisation. In G. Rumelhard. (dir.) *La régulation en biologie. Approche didactique : représentation, conceptualisation, modélisation*. Paris : INRP, p. 7-24.
- CLÉMENT P. (1996). L'imagerie biomédicale : définition d'une typologie et proposition d'activités pédagogiques. *Aster*, n° 22, p. 87-126.
- CLÉMENT P. (1997). Introduction to the didactics of the biomedical imagery in the secondary school. In H. Bayerhuber & F. Brinkman (Eds.). *What – Why – How ? Research in didaktik of Biology*. Kiel : IPN – Materialien, p. 311-320.
- CLÉMENT P. (1998). La biologie et sa didactique. Dix ans de recherches. *Aster*, n° 27, p. 57-93.
- CLÉMENT P. (1999). Situated conceptions. Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analyse of conceptions. In M. Méheut & G. Rebmann. *Fourth European Science Education Summerschool*. ESERA : SOCRATES : université Denis-Diderot–Paris 7, p. 298-315.
- CLÉMENT P. (1999). À chaque animal, son monde : la place du cerveau dans la notion d'*umwelt*. In P. Buisseret (Éd.). *Mille cerveaux, mille mondes*. Paris : Nathan : MNHN, p. 129-131.
- CLÉMENT P. (1999). Un exemple vécu de plasticité cérébrale : la compensation vestibulaire. *Biologie-Géologie*, n° 4, p. 731-736.
- CLÉMENT P. & HOVART S. (2000). Environmental Education : analysis of the didactic transposition and of the conceptions of teachers. In H. Bayerhuber & J. Mayer (Eds.). *State of the art of empirical research on environmental education*. Münster : Waxmann Verlag, p. 77-90.

- CLÉMENT P. & SAVY C. (2001). Le cerveau des hommes et des femmes : conceptions d'universitaires algériens. *Didactique de la biologie : recherches, innovations, formations*. Alger : ANEP, p. 151-163.
- CLEMENT P., FORISSIER T. & CARVALHO G. (2003). The structuring influence of first images on the construction of science concepts. An historical and didactical approach. *Acts of the 4th ESERA Conference*. Noordwijkerhout : the Netherland : cédérom – ESERA.
- CLÉMENT P. (2004). Science et idéologie : exemples en didactique et en épistémologie de la biologie. *Actes du colloque SMS Science – Médias – Société*. Lyon : ENS-LSH. Disponible sur Internet : <http://sciences-media.ens-lsh.fr> (consulté le 1^{er} juillet 2006)
- EDELMAN G.M. (2000). Pour une approche darwinienne du fonctionnement cérébral. *La Recherche*, n° 334, p. 109-111.
- FORISSIER T. & CLÉMENT P. (2003). Teaching "biological identity" as genome/ environmental interactions. *Journal of Biological Education*, vol. 37, n° 2, p. 85-91.
- FOTTORINO E. (1998). *Voyage au centre du cerveau*. Paris : Éd. Stock.
- HAGUENAUER C. (1991). *Comprendre par les cycles et les cycles pour apprendre...* Thèse de doctorat de l'université Henri-Poincaré-Nancy I, Nancy.
- HARRIS Z.S. (1952). Discourse analysis. *Language*, n° 28 (traduit dans *Langages*, n° 13, 1969).
- HOUDÉ Olivier (2002). Le développement de l'intelligence chez l'enfant. In Y. Michaud (dir.). *Le cerveau, le langage, le sens*. Paris : Odile Jacob.
- JACQUARD A. (1972). *Éloge de la différence*. Paris : Éd. du Seuil.
- JACQUARD A. & KAHN A. (2001). *L'avenir n'est pas écrit*. Paris : Bayard.
- JACOBI D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- KUPIEC J.-J. & SONIGO P. (2000). *Ni dieu ni gène*. Paris : Éd. du Seuil.
- MARTINAND J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- MARTINAND J.-L. (2001). Pratique de référence et problématique de la référence curriculaire. In A. Terrisse. *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck, p. 17-24.
- MATHY P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences. Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.

- MAZOYER B. (2002). Le cerveau de la connaissance : physiologie de la cognition et image du cerveau. In Y. Michaud (dir.) *Le cerveau, le langage, le sens*. Paris : Odile Jacob.
- MORIN E. (1986). Sur la définition de la complexité. *Science et pratiques de la complexité*. Paris : La Documentation Française, p. 79-86.
- NDIAYEV. & CLÉMENT P. (1998). Analyse des conceptions d'élèves-professeurs au Sénégal, sur le cerveau : prégnance du dualisme cartésien ? *Liens, nouvelle séries* (ENS, Dakar), n° 1, p. 3-15.
- RUMELHARD G. (1986). *Les représentations de la génétique*. Berne : Peter Lang.
- RUMELHARD G. (dir.) (1994). *La régulation en biologie. Approche didactique : représentation, conceptualisation, modélisation*. Paris : INRP, p. 7-24.
- SCHNEEBERGER P. (1993). Difficultés liées au vocabulaire : le cas du concept de régulation en biologie. *Didaskalia*, n° 2, p. 73-88.
- STENGERS I. (1997). *Cosmopolitiques. Tome 6 – La vie et l'artifice : visages de l'émergence*. Paris : La Découverte : Les empêcheurs de penser en rond.
- STEWART J. (1993). Au delà de l'inné et de l'acquis. *Intellectica*, n° 16.
- STEWART J., SCHEPS R. & CLÉMENT P. (1997). Une interprétation biologique de l'interprétation. II – La phylogénèse de l'interprétation. In J.M. Salanskis, F. Rastier & R. Scheps. *Herméneutique : textes, sciences*. Paris : PUF, p. 209-232.
- VARELA F.J. (1989). *Autonomie et connaissance. Essai sur le vivant*. Paris : Éd. du Seuil.

Résumés

Traduction anglaise : **Wayne Iwamoto**

Traduction espagnole : **Mirtha Bazan**

Traduction allemande : **Michel Eymaron**

Abstracts

A Standardized or Individualized Body (Guy Rumelhard)

Obesity today is an epidemic which has led to both preventive efforts and weight standardization in teenagers who might be one of its future victims. Standardization is a notion which is currently at the heart of health education and which takes on a positive meaning when associated with objects and industrialized production. However, it becomes ambiguous or a negative when linked to the human body and especially to people's minds, their way of thinking as well as how they teach and learn. Launched in 1943 from a purely theoretical standpoint, it became widespread as of 1968 and questions, on a biological level, whether weight and height can be defined objectively using statistics and whether the notion of averages and variances should be applied to the human body. The ambiguity which exists between standards and averages goes back to Quételet (1935) with the former implying the individual's ability to set his own standards, a concept called "normativity".

Biology does also tend to support the converse notion of individualization. Since the creation of immunology and genetics the notion of the individuality has biological bases which are taught in Biology class without further consideration while the road to individuality is full of obstacles. These two concepts can only be associated if we admit that individualization is in fact a result of human beings having to tend towards a certain standard on a biological, pathological, social and intellectual level.

Teaching Young Pupils about Their Bodies through Contact with Animals (Michèle Dell'Angelo-Sauvage & Maryline Coquidé)

This article looks at the learning possibilities offered by pupil contact with animals at school and how this can teach a child about his/her own body as well as its basic anatomical characteristics. The study was carried out during a sequence on the bodily functions of nutrition, reproduction and social relations and sought to teach pupils about developing their own individuality and recognizing its limits.

What role do these highly recommended instances of contact in the school-syllabus for 8 year olds play in the learning process, be they potential or real and what influence do they have on a pupil's answers to questions concerning basic physiological functions? We have, over the course of our PhD research, observed current teaching practices concerning the human body in primary school (4 classes of 10 year olds) and held oriented question-and-answer periods with 25 of them. With the study revealing that animal contact at school was limited, this paper attempts, by using the pupils' answers to questions concerning digestion, breathing and reproduction, to explain some of the difficulties encountered.

The Human Body, athletic and artistic activities and professionalism: Two Case Studies Concerning Future Teachers of Physical Education (Isabelle Jourdan)

How students specialized in physical education during the theoretical-studies year prior to sitting the teacher's competitive examination acquire knowledge and how they build themselves professionally during their first contact with teaching? With a view to better defining the relations within this grouping (Charlot, 1997), this article revolves around their view of knowledge as a reference with the unique character of P.E. leading to a more precise view of how students see the human body as well as athletic and artistic activities (AAA). The human body is not only a bearer of knowledge but of emotions, desires and feelings as well and AAA's can be either personal or used for teaching or even contain things which can be themselves taught. The question is thus what correlations exist between the human body, AAA and teaching? Based upon a clinical case study, this paper studies input from 2 students: one being in first year at teachers college (theoretical-studies year prior to the competitive examination) whilst the other in second year of teachers college in France (teacher training-year once the examination is passed). Their comments were analysed using two different pre-determined categories: that of professionalism and that linked to how the human body and AAA are seen by the students. Both contained similarities and differences which merited mentioning in this article.

14-15 year olds Building an Understanding of blood circulation: problem Building, Arguments and Concepts during a Scientific Discussion (Yann Lhoste)

How do 14/15-year-old pupils build a working knowledge of blood circulation during a discussion on nutrition? Content of the discussion was analysed from two standpoints. On the one hand, the problem building aspect of the discussion was studied using theories expounded by Christian Orange at the CREN at Nantes (Teaching Research Centre) whilst on the other hand, it was the pupils' arguments which were analysed using certain psycho-linguists' work centred around heteroglossia and who had based their research work on that of Vygostki, Bakhtine, Grize and Bronckart. This dual approach illustrated how pupils build themselves an idea of the content of a scientific discussion and also allowed us to better grasp the dynamics of the discussion as well as the means employed by the 14-15 years olds to improve their understanding of blood circulation.

Teaching 8-11 year olds about human breathing: Pupil Problem-Building and Explanations in a Scientific Discussion (Isabelle Ménard & Véronique Pineau)

This article expounds a critical view of teaching sequences on breathing which were taught to two primary-school classes whose learning was centred round scientific discussion-work. Study of the pupils' written work based on a historical chart led to a few hypotheses on the various explanations proposed by the pupils themselves. Study of the discussions' transcriptions revealed that this activity led to several knowledge barriers, a fact that might explain why the teachers struggled to lead their pupils to a common result close to the original teaching objective.

Glycemia regulation: A Case Study with 16-17 Year Olds Specialized in the Sciences (Patricia Schneeberger & Manel Dhouibi)

Teaching about regulation in Biology class has often been at the heart of didactics research (Schneeberger, 1992; Rumelhard, 1994). Based upon observations in a class of 16-17 year olds specialized in the sciences, this paper studies blood-sugar-level regulation and, while taking into account prior research results in the area, takes a look at:

- the pertinence of using blood-circulation models when teaching glycemia regulation,

- the relation between pupil and model (i.e. the way in which s/he builds, understands and applies a reference model in glycemia regulation.

To this scientific study was added one of the class discussions and a detailed study of it in order to understand how pupils transpose a reference model to a specific case. The discussion was analysed using methods based on previous research work by Martinand and Orange and served to reinforce the idea that oral activities strengthen a pupil's knowledge-building capacity.

Analysing Arguments of a Socio-Ethical Debate on Genetic Engineering with Tunisian Pupils in the Final Years of Secondary School (Neïla Chalghoumi Trabelsi & Laurence Simonneaux)

Based upon a socio-scientific approach to genetic engineering, this paper looks at the social dilemmas and socio-ethical questions associated with its use in today's society. With a view to improving a pupil's ability to analyse his/her own arguments and consolidate his/her argumentative position, a socio-ethical question was inserted during a debate centred round the fictive subject of pre-natal testing for drepanocytosis in Tunisia. For a better understanding of the mental work behind the pupils' words, their arguments were analysed using Grize's theory of logico-discursive operations. The results showed how important the oral aspect of exchanging arguments was in both knowledge building and activation in learners. Following the debate a majority of pupils were willing to accept testing but remained firmly against abortion citing principally religious, social and ethical reasons.

Heredity, Behaviourism and Constructivism: The Nervous System in School Textbooks in France and Tunisia (Pierre Clément, Lassaad Mouelhi & Mondher Abrougui)

Our knowledge of the human brain and the way it functions is constantly changing as is the teaching of it which is influenced by social stigmas linked to research, health and social habits but also to morals. This paper aims to define their inter-relationship through a critical analysis of the latest Biology syllabus and secondary-school textbooks in both France and Tunisia.

The results revealed that while in France the new syllabi have advocated the teaching of the biological fundamentals of constructivism including the concepts of epigenesis and cerebral plasticity, there still lies an undercurrent of traditional values amongst the pupils. Current Tunisian textbooks have, on the other hand, stopped at behaviourist theories which continue to be a part of French textbooks at the 12/13-, 14/15- and 16/17-year-old levels. Heredity, which limits cerebral

development to genetic pre-determination, is explicitly present in textbooks in Tunisia but more implicitly in France at the 16-17 year old level.

Whilst all biological processes are regulated - and especially those concerning the nervous system - few if any of the diagrams tracing neuron displacement showed any signs of feedback (i.e. returning to its place of origin) with the rare exception of the case of neurohormonal regulation.

This paper thus discusses the impact of these ideas on citizens.

Sumarios

Cuerpo normalizado/ Cuerpo individualizado (Guy Rumelhard)

La epidemia actual de la obesidad induce un trabajo de prevención y de normalización del peso de los adolescentes, futuros adultos obesos. Ese concepto de normalización que esta en el centro de la enseñanza y de la educación a la salud, tiene un sentido positivo cuando se dirige a los objetos materiales y a la producción industrial y un sentido ambiguo o francamente negativo cuando se destina al cuerpo de los individuos y sobre todo a su espíritu, su manera de pensar, a su manera de aprender y de enseñar. La reflexión filosófica sobre ese concepto lanzado desde 1943, ha sido popularizada a partir de 1968. Para no tomar esta pregunta solamente de un punto de vista biológico podemos preguntarnos si se puede definir objetivamente la altura y el peso y transformar los conceptos de media y variante en normas de funcionamiento. La confusión entre norma y media remonta a Quételet (1835). Esta normalización es equiparar con la facultad de definir sus propias normas que llamamos la normatividad.

Una segunda noción sostenida igualmente por la biología, parece oponerse totalmente a esta, es la individualización. Luego del desarrollo de la inmunología y de la genética, la individualidad tiene fundamentos biológicos precisos que son enseñados en SVT sin precaución. Los obstáculos a la concepción de la individualidad son numerosos.

Las dos nociones se juntan si admitimos que esta individualización resulta de la capacidad del ser vivo humano a ser normativo al nivel biológico, patológico, social e intelectual.

Conocimiento de su cuerpo del joven alumno a través del encuentro con el animal (Michèle Dell'Angelo-Sauvage, Maryline Coquidé)

Discutimos las potencialidades que representan los encuentros del niño con el animal en el descubrimiento de su propio cuerpo; aprovechando la ocasión a través de las funciones de nutrición, de reproducción y de relación para analizar las características anatómicas del cuerpo humano y para comprender su individualización y su finitud. ¿Que lugar ocupa en los currículos tan prescrito, esos encuentros, que potencial o efectivo en CM2? ¿Cuál es el resultado en las respuestas de los alumnos a propósito de las grandes funciones fisiológicas? En el cuadro de una tesis en curso, hemos seguido las prácticas escolares efectivas de enseñanza sobre el cuerpo humano, en cuatro clases de CM y han sido conducidas, con veinticinco alumnos, entrevistas semi directivas. En este estudio, hemos comprobado que los encuentros con el animal han sido limitados, durante las actividades escolares observadas, y hemos avanzado hipótesis sobre las eventuales dificultades encontradas. Analizamos los extractos del discurso de los alumnos frente a los animales, relacionados con la digestión, la respiración y la reproducción,

Relación al cuerpo, relación a los APSA y lógica profesional : Dos estudios de caso en formación inicial en EPS (Isabelle Jourdan)

En el contexto de la formación inicial en educación física y deportiva, estamos interesados a la manera como el estudiante se adueña del conocimiento y se construye profesionalmente durante sus primeras experiencias de enseñanza. La noción de relación al saber es nuestro útil conceptual para ubicar este “conjunto de relaciones” (Charlot 1997).

La especificidad de la disciplina EPS (Educación Física y Deportiva) nos ha conducido a estudiar de una más específica la “relación al cuerpo” y la relación a los APSA de los estudiantes.

En efecto, el cuerpo es todo a la vez portador de conocimientos pero también de las emociones, deseos y resentimientos.

Los APSA recuperan las prácticas para sí, para enseñar a enseñar. ¿Que relaciones entre cuerpo, APSA y enseñanza? Siguiendo un proceso clínico de estudio de caso, presentamos el estudio de dos entrevistas de investigación de un estudiante de primer año y un profesor practicante de segundo año del Instituto de Formación de Maestros y Profesores, analizados siguiendo dos rubricas construidas a priori: relación al cuerpo, relación a los APSA y lógica profesional. El discurso nos muestra las igualdades y las diferencias que hemos intentando de poner en evidencia.

La construcción del concepto de circulación sanguínea en tercero: Problematicación, argumentación y conceptualización en un debate científico (Yann Lhoste)

La contribución intenta mostrar como los alumnos con edades de 14-15 años construyen el concepto de circulación sanguínea, en el curso de un debate científico sobre el tema de la nutrición humana.

El análisis del debate llevado cruza dos puntos de vista: de la problematicación, tal que es desarrollada por Christian Orange en el seno del Centro de Investigación en Educación de Nantes y de la argumentación de los alumnos. Este análisis de la actividad argumentativa de los alumnos, se basa en el cuadro definido por ciertos sico-lingüistas que se apoyan sobre los trabajos de Vigoski, Bakhtine, Grize et Bronckart (movilizando los conceptos de esquematización y “heteroglossie”. Este doble análisis permite de dar cuenta del proceso de conceptualización a la obra en el debate científico y también de comprender mejor la dinámica y las estrategias movilizadas por los alumnos de 3ero para construir el concepto de circulación sanguínea

La respiración humana en el ciclo 3: Problemas construidos y registros explicativos movilizados por los alumnos en el debate científico (Isabelle Ménard, Véronique Pineau)

Este artículo propone los útiles de análisis de secuencias de enseñanza sobre la respiración en dos clases, que le dan un lugar importante al debate científico. El análisis de producciones escritas de referencias a una casilla histórica permite de avanzar algunas hipótesis sobre los registros explicativos movilizados por los alumnos. El análisis de las transcripciones de los debates realizados conduce a la construcción de varios espacios de apremio en cada clase, que puede explicar las dificultades encontradas por los docentes para llevar a los alumnos hacia una problemática común cercana de los conocimientos aspirados.

La regulación de la glucemia: Un estudio de caso en primero S (Patricia Schneeberger, Manel Dhouibi)

La enseñanza/ aprendizaje de la regulación en biología ha sido el objeto de diferentes investigaciones en didáctica (Schneeberger, 1992; Rumelhard, 1994). Este estudio se interesa a la regulación de la glucemia y propone de analizar las observaciones realizadas en una clase de primera S. Retomando en parte los resultados de investigaciones anteriores, nos interrogamos sobre los puntos siguientes:

- la legitimidad epistemológica de la utilización de la modelización sistémica en la enseñanza de la regulación de la glucemia

- la relación alumno/ modelo: la manera según la cual el alumno construye, se ampara y aplica un modelo formal en el cuadro de la regulación de la glucemia.

Además de un estudio epistemológico, hemos conducido un análisis detallado de una secuencia de debate para identificar como los alumnos consiguen aplicar un modelo formal en un caso particular. Los útiles de análisis del debate han sido realizados a partir de los trabajos de Martinand y Orange. Ese tipo de trabajo contribuye a mostrar la importancia de la actividad relativa al lenguaje de los alumnos en la elaboración del saber.

Análisis de los argumentos de los alumnos tunecinos al final del secundario en relación a un debate socio ético del genio genético (Neila Chalghoumi Trabelsi, Laurence Simonneaux)

Esta investigación se inscribe en un enfoque socio-científico del genio genético, implicando la toma en cuenta de las controversias sociales y cuestiones socio-éticas que provocan sus aplicaciones en la sociedad. Nos hemos propuesto de introducir un dilema socio-ético en el curso de un debate argumentado con el objetivo de mejorar la comprensión conceptual de los alumnos, de analizar sus argumentos y apuntar su toma de posición. El debate se manifiesta sobre una situación ficticia referente el diagnóstico prenatal de la “drépanocytose” en Túnez. Para analizar el trabajo cognitivo a partir de los intercambios de lenguaje entre alumnos, hemos analizado sus argumentaciones refiriéndonos a la teoría de las operaciones lógica-discursivas de Grize.

El análisis de los argumentos pone en evidencia el papel de los intercambios argumentativos como motores de movilización y de re-construcción de los conocimientos de los alumnos. Al final del debate, en su mayoría los alumnos aceptan el diagnóstico precoz pero se oponen al aborto. Los argumentos religiosos, sociales y éticos que son el fundamento de la toma de posición de los mismos, son predominantes.

Hereditarismo, behaviorismo, constructivismo: El sistema nervioso en los manuales escolares franceses y tunecinos (Pierre Clément, Lassaad Mouelhi, Mondher Abrougui)

Nuestros conocimientos científicos (K) sobre el cerebro humano y sus funciones se renuevan rápidamente. Igualmente su enseñanza, en función de la evolución de prácticas sociales (P) ligadas a la investigación, a la salud, a los comportamientos sociales, pero también en interacción con los valores (V).

Hemos intentado de identificar sus interacciones por un análisis crítico de los últimos programas y manuales escolares de enseñanza secundaria de las ciencias de la vida y de la Tierra en Francia y Túnez.

Nuestros resultados muestran que si los nuevos programas franceses han introducido con las nociones de epigénesis y de plasticidad cerebrales, las bases biológicas del constructivismo, de valores más tradicionales están todavía presentes.

Los manuales tunecinos actuales se limitan a tesis béhavioristas que son igualmente presentes en Francia (5^e, 3^e, 1^{re} S).

El hereditarismo (que reduce las emergencias cerebrales a determinismos genéticos) es presente en Túnez, pero también de manera más implícita, en los manuales franceses de Iero S. Cuando todos los procesos biológicos son regulados y particularmente en el sistema nervioso, ninguno de los esquemas trazando los trayectos de neuronas no representa la mínima retroacción, excepto algunas raras excepciones (regulación neuro-hormonales).

Las apuestas ciudadanas de esas actas son discutidas.

Zusammenfassungen

Normierter Körper / Individualisierter Körper (Guy Rumelhard)

Die gegenwärtige Fettleibigkeitswelle treibt uns dazu, eine Arbeit der Vorbeugung und der Normalisierung des Gewichts der Jugendlichen, jener zukünftigen fettleibigen Erwachsenen, vorzunehmen. Dieser Begriff der Normalisierung, der einen wesentlichen Platz in dem Unterricht und der Erziehung zur Gesundheit einnimmt, hat einen positiven Sinn, wenn er sich auf die materiellen Gegenstände und auf die industrielle Produktion bezieht und einen zweideutigen oder gar einen deutlich negativen Sinn, wenn er sich auf den Körper der Individuen bezieht und vor allem auf ihren Geist, auf ihre Denkart, auf ihre Art zu lernen und zu unterrichten. Die philosophische Reflexion über diesen Begriff, die schon 1943 in Gang gebracht wurde, wurde ab 1968 gemeinverständlich dargestellt. Um diese Frage nur unter dem biologischen Blickwinkel zu betrachten, kann man sich fragen, ob man Größe und Gewicht objektiv definieren kann und ob man die Begriffe von Durchschnitt und Varianz in Funktionsnormen zu verwandeln vermag. Die Verwechslung zwischen Norm und Durchschnitt geht auf Quételet (1835) zurück. Diese Normalisierung ist zu

vergleichen mit jener Fähigkeit, seine eigenen Normen zu bestimmen, die man Normativität nennt.

Ein zweiter Begriff, der auch von der Biologie verfochten wird, scheint sich dieser Normalisierung völlig entgegenzusetzen, es ist die Individualisierung. Seit der Entwicklung der Immunologie und der Genetik hat die Individualität genau biologische Grundlagen, die im Biologieunterricht ohne Vorsicht vermittelt werden. Die Hindernisse gegen die Auffassung der Individualität sind zahlreich.

Die zwei Begriffe decken sich, wenn man annimmt, dass diese Individualisierung von der Fähigkeit des menschlichen Wesens herrührt, auf biologischer, pathologischer, sozialer und intellektueller Ebene normativ zu sein.

Kenntnis des eigenen Körpers durch die Begegnung mit dem Tier bei dem jungen Schüler?

(Michèle Dell' Angelo-Sauvage, Maryline Coquidé)

Wir erörtern die Möglichkeiten, die die Begegnungen mit dem Tier darstellen bei der Entdeckung des eigenen Körpers und der anatomischen Merkmale des menschlichen Körpers im allgemeinen, bei dem Kennenlernen der Funktionen der Ernährung, der Fortpflanzung und der Aufnahme von Beziehungen und auch bei dem Versuch, seine Individualisierung und seine Endlichkeit zu erfassen. Welche Bedeutung wird diesen Begegnungen in den Lehrplänen der 5.Klasse (CM2) beigemessen, und zwar sowohl in den vorgeschriebenen, als auch in den potenziellen oder in den wirklichen Lehrplänen? Was ergibt sich daraus bei den Antworten der Schüler über die groben physiologischen Funktionen? Im Rahmen einer in der Ausarbeitung begriffenen Dissertation haben wir die tatsächlichen Unterrichtspraktiken in vier CM2-Klassen (5.Klasse) bei Lektionen über den menschlichen Körper verfolgt. Dabei wurden auch halb gelenkte Unterredungen mit 25 Schülern geführt. In dieser Untersuchung stellen wir fest, dass die Begegnungen mit dem Tier anlässlich der beobachteten schulischen Aktivitäten in beschränkter Anzahl erfolgt sind und wir bringen Hypothesen über die etwaigen getroffenen Schwierigkeiten vor. Wir analysieren Auszüge von Schüleraussagen, die in Gegenwart von Tieren über die Verdauung, die Atmung und die Fortpflanzung gemacht wurden.

Bezug zum Körper, Bezug zu den „physischen, sportlichen und künstlerischen Aktivitäten“ (APSA) und berufliche Logik: Zwei Fallstudien in Bezug auf die Grundausbildung angehender Sportlehrer (Isabelle Jourdan)

Im Zusammenhang mit der Grundausbildung angehender Sportlehrer haben wir uns für die Art und Weise interessiert, wie der Student sich das Wissen aneignet und wie er sich bei seinen ersten Unterrichtserfahrungen beruflich entfaltet. Der Begriff des Bezugs zum Wissen ist unser begriffliches Werkzeug, um diese „Gesamtheit von Beziehungen“ (Charlot, 1997) zu erfassen. Die Spezifität des Schulfachs „Sportunterricht“ (EPS) hat uns dazu geführt, den „Bezug zum Körper“ und den Bezug zu den „physischen, sportlichen und künstlerischen Aktivitäten“ (APSA), den die Studenten haben, zu untersuchen. In der Tat ist der Körper zugleich Träger von Kenntnissen, aber auch Träger von Gemütsbewegungen, von Sehnsüchten, von Empfindungen. Die „APSA“ umfassen Praktiken für sich selbst, Praktiken für den Unterricht und Praktiken, die es zu unterrichten gilt. Welche Beziehungen gibt es zwischen Körper, „APSA“ und Unterricht? Indem wir die klinische Methode einer Fallstudie befolgen, stellen wir hier die Untersuchung von zwei Forschungsgesprächen vor: dasjenige eines Studenten im ersten Jahr der Pädagogischen Hochschule (IUFM) und dasjenige eines Studienreferendars im zweiten Jahr des IUFM. Die Forschungsgespräche wurden gemäß zwei von vornherein erstellten Rubriken untersucht: Bezug zum Körper / Bezug zu den „APSA“ und berufliche Logik. Die Gespräche weisen Ähnlichkeiten und Unterschiede auf, die wir uns herauszustellen bemüht haben.

Der Aufbau des Begriffs von „Blutkreislauf“ in einer 9.Klasse (3e): Problematisierung, Argumentation und Erarbeitung eines Begriffs in einer wissenschaftlichen Debatte (Yann Lhoste)

Der Beitrag setzt sich zum Ziel zu zeigen, wie Schüler im Alter von 14 bis 15 Jahren während einer wissenschaftlichen Debatte über das Thema der Ernährung beim Menschen es schaffen, den Begriff von „Blutkreislauf“ aufzubauen. Die Untersuchung der Debatte, die durchgeführt wurde, greift gleichzeitig zu zwei Herangehensweisen: zu derjenigen der Problematisierung, wie sie von Christian Orange innerhalb des Forschungszentrums für Erziehung in Nantes entwickelt wird und zu derjenigen der Argumentation der Schüler. Diese Untersuchung der argumentativen Aktivität der Schüler setzt sich im Rahmen fest, den einige Psycholinguisten festlegen, indem sie sich auf Arbeiten von Vygostki, Bakhtine, Grize und Bronckart stützen und die Begriffe von Schematisierung und Heteroglossie bemühen. Diese doppelte Untersuchung ermöglicht es, über

den Prozess der Konzeptualisierung, der in der wissenschaftlichen Debatte am Werk ist, zu berichten. Sie ermöglicht es auch, die Dynamik der Debatte besser zu verstehen und die Strategien besser zu begreifen, die die Schüler der 9. Klasse eingesetzt haben, um den Begriff von „Blutkreislauf“ aufzubauen.

Die menschliche Atmung in der 5. Klasse der Grundschule (Cycle 3): Aufgebaute Probleme und von den Schülern in der wissenschaftlichen Debatte eingesetzte Kenntnisse und Erklärungsmodelle. (Isabelle Menard, Veronique Pineau)

Dieser Beitrag schlägt Werkzeuge zur Analyse von Unterrichtssequenzen über die Atmung vor, die in zwei Klassen durchgeführt werden und die der wissenschaftlichen Debatte einen breiten Raum lassen. Die Untersuchung der schriftlichen Produktionen gemäß einem historischen Raster ermöglicht es, einige Hypothesen über die von den Schülern eingesetzten Erklärungsmodelle vorzubringen. Die Untersuchung der Niederschrift von den gehaltenen Debatten und Streitgesprächen führt zu dem Aufbau von mehreren Zwangsräumen in jeder Klasse, was die von den Lehrerinnen getroffenen Schwierigkeiten erklären kann, um die Schüler zu einer gemeinsamen Problemstellung zu bringen, die sich den anvisierten Kenntnissen nähert.

Die Regulierung des Blutzuckers: Eine Fallstudie in einer 11. Klasse des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweigs. (Patricia Schneeberger, Manel Dhouibi)

Der Unterricht bzw. das Erlernen der Regulierung in Biologie war Gegenstand von verschiedenen Forschungen in Didaktik (Schneeberger, 1992; Rumelhard, 1994). Diese Untersuchung interessiert sich für die Regulierung des Blutzuckers und schlägt vor, in einer naturwissenschaftlichen 11. Klasse (1^{re} S) angestellte Beobachtungen zu untersuchen. Indem wir zum Teil die Ergebnisse von vorherigen Forschungen wieder aufnehmen, stellen wir uns Fragen über folgende Punkte:

- die epistemologische Legitimität der Anwendung der systemischen Modellierung beim Unterricht der Regulierung des Blutzuckers.
- die Beziehung Schüler / Modell: die Art und Weise, wie der Schüler im Rahmen der Regulierung des Blutzuckers ein formelles Modell aufbaut, sich dieses Modell aneignet und es anwendet.

Außer einer epistemologischen Untersuchung haben wir eine ausführliche Analyse einer Debattensitzung durchgeführt, um auszumachen, wie die Schüler es schaffen, ein formelles Modell auf einen besonderen Fall anzuwenden. Die Instrumente zur Analyse der Debatte wurden nach den Arbeiten von

Martinand und Orange entworfen. Diese Art von Untersuchung trägt dazu bei, die Bedeutung der sprachlichen Aktivität der Schüler in der Erarbeitung des Wissens zu zeigen.

***Untersuchung der Argumente von tunesischen Schülern der letzten Klasse der Sekundarstufe 2 anlässlich einer sozial-ethischen Debatte über Gentechnologie
(Neila Chalghoumi Trabelsi, Laurence Simonneaux)***

Diese Forschungsarbeit steht im Zusammenhang mit einer sozial-wissenschaftlichen Herangehensweise an die Gentechnologie und setzt dabei die Berücksichtigung der sozialen Kontroversen und der sozial-ethischen Fragen voraus, die die Anwendungen der Gentechnologie in der Gesellschaft auslösen. Wir haben uns vorgenommen, ein sozial-ethisches Dilemma im Laufe einer argumentativen Debatte einzuführen mit dem Ziel, das Verständnis der Begriffe bei den Schülern zu verbessern, ihre Argumente zu analysieren und ihre Stellungnahmen zu untermauern. Die Debatte bezieht sich auf eine fiktive Lage, die die Pränataldiagnose der Sichelzellenanämie in Tunesien betrifft. Um der kognitiven Arbeit auf der Grundlage des sprachlichen Austauschs zwischen den Schülern näher zu kommen, haben wir ihre Argumentation untersucht, indem wir uns auf die Theorie der logisch-diskursiven Operationen von Grize berufen haben.

Die Untersuchung der Argumente stellt die Rolle des argumentativen Austausch als treibende Kraft für die Mobilisierung und den gemeinsamen Aufbau von Kenntnissen bei den Lernenden deutlich heraus. Nach Abschluss der Debatte nehmen die Schüler die Früherkennung mehrheitlich an, aber sie widersetzen sich der Abtreibung. Die religiösen, sozialen und ethischen Argumente, die ihre Stellungnahmen begründen, sind dabei vorherrschend.

***Hereditarismus, Behaviorismus, Konstruktivismus:
Das Nervensystem in den französischen
und tunesischen Schulbüchern
(Pierre Clément, Lassaad Mouelhi, Mondher Abrougui)***

Unsere wissenschaftlichen Kenntnisse (K) über das menschliche Gehirn und seine Funktionen erneuern sich sehr schnell. Das gilt auch für ihren Unterricht, entsprechend der Entwicklung von Sozialpraktiken (P), die in Verbindung mit der Forschung, mit der Gesundheit, mit gesellschaftlichen Verhaltensweisen, aber auch in Wechselwirkung mit Werten (V) stehen. Durch eine kritische Analyse der letzten Programme und Schulbücher für die Erd- und Lebenswissenschaften

in der Sekundarstufe in Frankreich und in Tunesien haben wir versucht, diese Wechselbeziehungen zu bestimmen.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass traditionellere Werte immer noch vorhanden sind, auch wenn die französischen Programme mit den Begriffen von Epigenese und Gehirnplastizität die biologischen Grundlagen des Konstruktivismus eingeführt haben. Die gegenwärtigen tunesischen Schulbücher beschränken sich auf behavioristische Thesen, die in Frankreich ebenfalls vorhanden sind: das ist der Fall in der 7. Klasse (5^e), in der 9. Klasse (3^e) und in der II. Klasse des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweigs (1^{re} S). Der Hereditarismus, der die Gehirngeschwülste auf genetische Determinismen einschränkt, ist in Tunesien vorhanden, aber auch, auf eine implizitere Weise, in den französischen Schulbüchern der II. Klasse (1^{re} S).

Während alle biologischen Vorgänge, ganz besonders im Nervensystem, einer Regulierung unterzogen werden, stellt keines der Schemen, auf denen der Verlauf der Neuronen abgebildet wird, die geringste Rückkoppelung dar, abgesehen von einigen seltenen Ausnahmen (neuro-hormonellen Regulierungen).

Schließlich werden die mit diesen Feststellungen verbundenen staatsbürgerlichen Probleme besprochen.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Abonnements**

19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/63 • abonn@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité Code postal

Téléphone e-Mail Pays

Date Signature ou cachet

..... abonnement(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Abonnement en ligne sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Tarif abonnement 1 an	
France métropolitaine (sauf Corse)	28,00 € TTC
Corse + Dom (sauf Guyane)	27,10 € TTC
Guyane + Tom	26,54 € TTC
Étranger	34,00 € TTC
Le numéro (France métropolitaine sauf Corse)	17,00 € TTC

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962, instruction M9.1, article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

Ne pas utiliser ce bon pour un réabonnement, une facture pro forma vous sera adressée à l'échéance.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

DiDASKALIA

Recherches sur la communication
et l'apprentissage des sciences et des techniques

2 numéros par an

+ 2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Abonnements**
19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07
Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/63 • abonn@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité Code postal

Téléphone e-Mail Pays

Date Signature ou cachet

..... abonnement(s) groupé(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Abonnement en ligne sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Tarif abonnement groupé Aster + Didaskalia 1 an	
France métropolitaine (sauf Corse)	52,20 € TTC
Corse + Dom (sauf Guyane)	50,53 € TTC
Guyane + Tom	49,48 € TTC
Étranger	62,10 € TTC

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962, instruction M9.1, article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

Ne pas utiliser ce bon pour un réabonnement, une facture pro forma vous sera adressée à l'échéance.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Vente à distance**

19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Tél. +33 (0)4 72 76 61 64 • pubvad@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité Code postal

Téléphone e-Mail Pays

Date Signature ou cachet

Numéro(s) commandé(s)

..... numéro(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Vente en ligne au numéro sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Prix du numéro • Tarif en vigueur	
Le numéro, France métropolitaine (sauf Corse)	17,00 € TTC

Toute commande doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : ministère de l'Économie, des Finances et du Budget, direction de la comptabilité publique, instruction n° 90-122-B1-M0-M9 du 7 novembre 1990, relative au paiement à la commande pour l'achat d'ouvrages par les organismes publics). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

Liste des numéros disponibles

- | | | | |
|--------------|--|--------------|---|
| N° 2 (1986) | Éclairages sur l'énergie | N° 25 (1997) | Enseignants et élèves face aux obstacles |
| N° 4 (1987) | Communiquer les sciences | N° 26 (1998) | L'enseignement scientifique vu par les enseignants |
| N° 5 (1987) | Didactique et histoire des sciences | N° 27 (1998) | Thèmes, thèses, tendances |
| N° 6 (1988) | Les élèves et l'écriture en sciences | N° 28 (1999) | L'expérimental dans la classe |
| N° 7 (1988) | Modèles et modélisation | N° 29 (1999) | L'école et ses partenaires scientifiques |
| N° 8 (1989) | Expérimenter, modéliser | N° 30 (2000) | Rencontres entre les disciplines |
| N° 9 (1989) | Les sciences hors de l'école | N° 31 (2000) | Les sciences de 2 à 10 ans |
| N° 11 (1990) | Informatique, regards didactiques | N° 32 (2001) | Didactique et formation des enseignants |
| N° 12 (1991) | L'élève épistémologue | N° 33 (2001) | Écrire pour comprendre les sciences |
| N° 13 (1991) | Respirer, digérer : assimilent-ils ? | N° 34 (2002) | Sciences, techniques et pratiques professionnelles |
| N° 14 (1992) | Raisonner en sciences | N° 35 (2002) | Hétérogénéité et différenciation |
| N° 16 (1993) | Modèles pédagogiques 1 | N° 36 (2003) | L'enseignement de l'astronomie |
| N° 17 (1993) | Modèles pédagogiques 2 | N° 37 (2003) | Interactions langagières 1 |
| N° 18 (1994) | La réaction chimique | N° 38 (2004) | Interactions langagières 2 |
| N° 19 (1994) | La didactique des sciences en Europe | N° 39 (2004) | Nouveaux dispositifs, nouvelles rencontres avec les connaissances |
| N° 20 (1995) | Représentations et obstacles en géologie | N° 40 (2005) | Problème et problématisation |
| N° 21 (1995) | Enseignement de la géologie | N° 41 (2005) | Produire, agir, comprendre |
| N° 22 (1996) | Images et activités scientifiques | N° 42 (2006) | Le corps humain dans l'éducation scientifique |
| N° 23 (1996) | Enseignement de la technologie | | |
| N° 24 (1997) | Obstacles : travail didactique | | |