



HAL
open science

Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant

Eliane Pautal, Patrice Venturini, Patricia Schneeberger

► **To cite this version:**

Eliane Pautal, Patrice Venturini, Patricia Schneeberger. Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant. *Education et didactiques*, 2013, 7 (2), pp.9-28. halshs-01018830

HAL Id: halshs-01018830

<https://shs.hal.science/halshs-01018830>

Submitted on 5 Jul 2014

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

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

Pautal, E., Venturini, P., & Schneeberger, P. (2013) Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant. *Education et Didactique* 7(2), 9-28

Voir aussi <http://educationdidactique.revues.org/1707?lang=es>

Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant. Deux études de cas à l'école élémentaire.

Éliane PAUTAL, IUFM du Limousin, UMR EFTS Toulouse 2.

Patrice VENTURINI, UMR EFTS Toulouse 2 Le Mirail.

Patricia SCHNEEBERGER, LACES - IUFM d'Aquitaine, Bordeaux IV.

Résumé

Dans le cadre de cet article, nous approchons certains des déterminants de l'action de deux professeurs maîtres-formateurs quand ils enseignent des savoirs particuliers, ceux de la circulation du sang dans des classes de cycle 3 de l'école élémentaire. Nous produisons les analyses dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy et Mercier, 2007) et par une méthodologie, de type ascendant, inspirée des travaux de l'école genevoise (Leutenegger, 2008) nous inférons des pratiques *in situ* des déterminants professoraux. Les résultats permettent d'entrevoir la grande complexité des déterminants de l'action professorale et questionnent sur les modalités de formation des professeurs.

Mots-clés : circulation du sang, TACD, action du professeur, analyse ascendante, épistémologie pratique.

Analysis of determinants of the action of two teachers formative in biology.

Two case studies in the primary school.

Abstract

In this research article, we approach some of the determiners of two teachers formative's action when they teach knowledges about circulatory system in primary french school (level 6). We produce analysis in the Joint Action Didactic Theory (Sensevy and Mercier, 2007) and with an ascending methodology inspired by the works of the Genevan school (Leutenegger, 2008) we deduce practices *in situ* the teachers determiners. The results allow to glimpse the big complexity of the determiners of the teacher action and ask questions on the modalities of teacher training.

Keywords : circulatory system, JADT, teaching practices, ascending analysis, practic epistemology.

Introduction

Un travail de recherche récemment engagé (Pautal, 2012) était motivé par l'intention de comprendre une partie des actions d'élèves et d'enseignants, quand ils sont réunis autour de préoccupations liées à l'éducation scientifique, en lien avec des éléments de détermination de l'action du professeur et des élèves. Dans le cadre de cet article, nous nous limiterons à approcher certains des déterminants de l'action de deux professeurs confirmés –ce sont des maîtres-formateurs- quand ils enseignent des savoirs particuliers, ceux de la circulation du sang dans des classes de cycle 3 de l'école primaire.

Pour procéder à l'analyse de l'action en classe que nous considérons comme conjointe entre le professeur et les élèves, nous mobilisons le cadre théorique de l'action conjointe en didactique (Sensevy et Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011). Celle-ci conçoit l'enseignement et l'apprentissage comme une succession de jeux didactiques dans chacun desquels ce que fait l'un ne peut être décrit, et compris, que dans la description et la compréhension de ce que fait l'autre. Par une méthodologie de type ascendant, largement inspirée des travaux de Leutenegger (2008), nous inférons des pratiques *in situ* des déterminants professoraux.

Produire ce type d'analyse donne à voir, d'une part, une partie de la grande complexité des déterminants de l'action professorale et, d'autre part, peut permettre de s'interroger sur certaines des conditions dans lesquelles des étudiants sont formés lorsqu'ils ont à fréquenter, pour les observer, des pratiques de maître-formateur.

Nous proposons d'exposer d'abord nos cadres théorique et méthodologique avant de livrer quelques résultats saillants dans chacune des classes investiguées. Certains de ces éléments serviront de discussion, dans une dernière partie de l'article, avant de conclure sur les enseignements fournis par ces quelques résultats en matière de formation d'enseignants.

Inscription théorique des travaux et questions de recherche

Nous situons nos analyses des pratiques dans le paradigme émergent de l'action conjointe (Sensevy, 2011, p. 54) et, plus spécifiquement en didactique, nous ferons référence essentiellement aux textes rassemblés par Gérard Sensevy et Alain Mercier dans l'ouvrage de 2007 (Sensevy et Mercier, 2007). Dans ce cadre théorique, l'action didactique est considérée comme conjointe et peut être modélisée par une série de jeux didactiques qui, implémentés à un savoir particulier, peuvent être définis comme des jeux d'apprentissage centrés autour d'un enjeu de savoir (Gruson, Forest et Locquet, 2012). C'est le jeu du professeur sur le jeu de l'élève (Sensevy, 2011, p. 124) ; c'est ce que le professeur fait faire aux élèves et ce que les élèves produisent en regard de cette action. Un jeu d'apprentissage est descriptible par un doublet milieu/contrat. La notion de contrat didactique rend compte du système d'attentes réciproques entre le professeur et les élèves à propos du savoir ; la notion de milieu rend compte du système de possibles et de nécessaires qui constitue l'environnement à la fois matériel et symbolique de l'action didactique (Sensevy et Mercier, 2007). Associé à ce

doublet, la théorie prévoit un système de descripteurs dont le triplet des genèses : la mésogenèse décrit le rapport des élèves à l'environnement didactique ; la chronogenèse, l'avancée du temps didactique ; la topogénèse, la répartition des responsabilités dans l'avancement du savoir entre professeur et élèves. Outre ce système de description, la théorie, en développement, propose trois grands types de déterminants de l'action du professeur susceptibles d'éclairer la compréhension des jeux modélisés par le chercheur :

- le rapport aux objets de savoir (au sens de Chevallard, 1992) c'est-à-dire les manières de connaître les savoirs de la circulation du sang et donc la manière avec laquelle le professeur agit avec les savoirs (ce que nous désignerons par l'acronyme ROS dans la suite du texte). Comprendre « *les rapports épistémique et épistémologique du professeur aux savoirs* » est une manière de contribuer à élucider des pratiques d'enseignement conjoint (Sensevy et Mercier, 2007, p. 36) ;
- l'activité adressée du professeur (Sensevy et Mercier, 2007, p. 37) rend compte de certaines contraintes pouvant peser sur l'action du professeur comme par exemple le contexte d'exercice, les injonctions de l'institution ou le type d'élèves auxquels s'adresse l'enseignant. On peut imaginer ainsi que l'adressage sera différent si l'enseignant exerce dans un établissement sensible, dans une école de centre ville ou un milieu rural par exemple ;
- enfin l'« épistémologie pratique » du professeur. Cette notion a été travaillée par de nombreux auteurs ; Brousseau a été l'un des premiers à évoquer une « épistémologie du professeur » ou « épistémologie à usage professionnel » (Brousseau, 1998) qui désigne ce à quoi le professeur fait implicitement référence quant à l'architecture de la discipline (en l'occurrence les mathématiques), il s'agit d'une sorte de modèle construit pour la pratique (Brousseau, 1986). Ces références implicites guident de loin l'action professorale ; elles sont partagées avec la « culture de l'école » ; ces références seraient donc communes aux élèves, aux parents, aux acteurs au sens large de l'école. Pour d'autres auteurs, le terme d'épistémologie du professeur est utilisé pour évoquer *les représentations erronées que tend à induire la pratique d'enseignant* (Artigue, 1990). Perrin-Glorian (1994) définit l'épistémologie du professeur comme *une idéologie épistémologique des savoirs enseignés* et souligne les relations entre cette notion et les modes de gestion du contrat didactique dans les classes. Pour Amade-Escot, l'épistémologie professionnelle ou *théorie de la connaissance enseignée en jeu dans la pratique* constitue un arrière plan épais à la base de l'ingéniosité pratique des enseignants (Amade-Escot, 2001) :

« L'épistémologie professionnelle, comme théorie personnelle à propos des contenus à enseigner, faite de conceptions, de croyances, d'habitudes etc... Ce que Chevallard (1989) appelle le rapport personnel au savoir à enseigner. C'est donc à l'étude des dépendances entre la manière dont émergent, évoluent et sont travaillés les contenus en contexte et la théorie sous-jacente qui préside aux ajustements, aux régulations du professeur, que s'attache le didacticien lorsqu'il s'intéresse à l'enseignant. » (Amade-Escot, 2001, p. 39).

Dans le cadre de la TACD¹, Sensevy définit l'*épistémologie pratique* (Sensevy, 2007, p. 37-38) comme l'ensemble des théorisations implicites ou explicites à propos des

¹ Théorie de l'action conjointe en didactique.

savoirs en jeu, leur enseignement et leur apprentissage. Dans ce cadre théorique, de récents travaux ont questionné l'ingéniosité de professeurs susceptible d'expliquer certains jeux d'apprentissage en regard des orientations fournies par des textes et documents relatifs aux recommandations officielles (Marlot, 2009). De façon très proche, des recherches ont tenté de saisir certaines déterminations pesant sur les enseignants, notamment quand ils ont à gérer des difficultés d'apprentissage des élèves ; ce serait alors *des épistémologies pratiques* qui seraient mobilisées en fonction des situations ou des contextes (Marlot et Toullec-Théry, 2011, p. 8). Les travaux d'Hervé, mobilisant la théorie de l'action conjointe en didactique, explorent les différences et les similitudes dans l'épistémologie pratique d'un enseignant quand il a la charge d'enseigner des savoirs scientifiques stabilisés et/ou des savoirs controversés (Hervé, 2012) tandis que les travaux menés en EPS recherchent les processus, à la fois épistémiques et institutionnels, de mobilisation de savoirs dans l'action didactique en lien avec le contexte d'intervention et le type de pratique sportive enseignée (Amade-Escot, Amans-Passaga et Montaud, 2009).

On note donc la grande difficulté à fournir une définition homogène de l'épistémologie des professeurs, sans doute parce que le terme lui-même tente de désigner une aura aux contours flous, cette espèce d'indicible qui « fait » la pratique de l'enseignant. Nous n'aurons donc pas la prétention d'apporter une réponse nouvelle à cette question difficile, mais dans un cadre problématique qui cherche à apporter de l'intelligibilité aux pratiques conjointes, l'étude que nous proposons ici, menée à partir des analyses *in situ*, tente de repérer et de comprendre, différents éléments de détermination² de l'action professorale susceptibles d'expliquer une partie au moins de l'action conjointe autour de l'enseignement et l'apprentissage de la circulation du sang au cycle 3. Nous avons ainsi produit deux questions de recherche :

- Quels éléments identifiables, en lien avec le savoir, introduits dans l'action par le professeur, entrent en jeu dans la dialectique milieu/contrat, à partir desquels se développent les actions conjointes ?
- Ces éléments professoraux pourraient-ils expliquer une partie de l'action conjointe ?

Répondre à ces questions de recherche nous oblige à mener deux enquêtes successives. La première enquête est relative à une description fine des pratiques *in situ* dans chacune des classes investiguées, à l'aide des descripteurs fournis par l'appareil théorique choisi (les jeux d'apprentissage décrits par le doublet milieu-contrat et le triplet des genèses); elle permet de produire quelques éléments caractéristiques des pratiques mises en œuvre. En appui sur la première, la seconde enquête est relative aux déterminants de l'action professorale ; c'est par inférence que nous faisons des propositions de déterminants de l'action professorale pouvant expliquer en partie les pratiques caractérisées.

² Le terme de déterminant est entendu comme ce qui peut fournir des explications à des comportements didactiques ; ce sont eux qui documentent une partie de la compréhension de l'action sans qu'ils renvoient systématiquement à une forme intentionnelle de l'action (Sensevy, 2007, p. 37). Ceci n'installe pas les déterminants dans un rapport de cause à effet.

Pour élucider une partie des logiques épistémiques professorales et approcher au plus près ce que font les professeurs et les élèves avec les savoirs et notamment délimiter le plus précisément possible leurs ROS dans l'action, nous avons procédé à une analyse didactique et épistémologique approfondie du concept de circulation du sang, en prenant appui sur des travaux antérieurs en didactique des SVT (Ducros, 1989 ; Lavarde, 1992, 1994 ; Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Lhoste, 2006). En fonction de notre corpus, nous avons dégagé 3 centrations épistémiques relatives au concept de circulation du sang : une centration fonction de nutrition, une centration biophysique et une centration éducation à la santé. À titre d'exemple, nous donnons ci-dessous (Figure 1) le réseau simplifié des notions constitutives dans l'approche « fonction de nutrition » afin de repérer certains des objets de savoir dont nous serons amenée à reparler dans l'exposé des résultats. On note, entre autres, que dans la centration « fonction de nutrition », le sang est un transporteur, notamment de nutriments et de dioxygène et que le sang est propulsé par le cœur, dans un système endigué et clos.

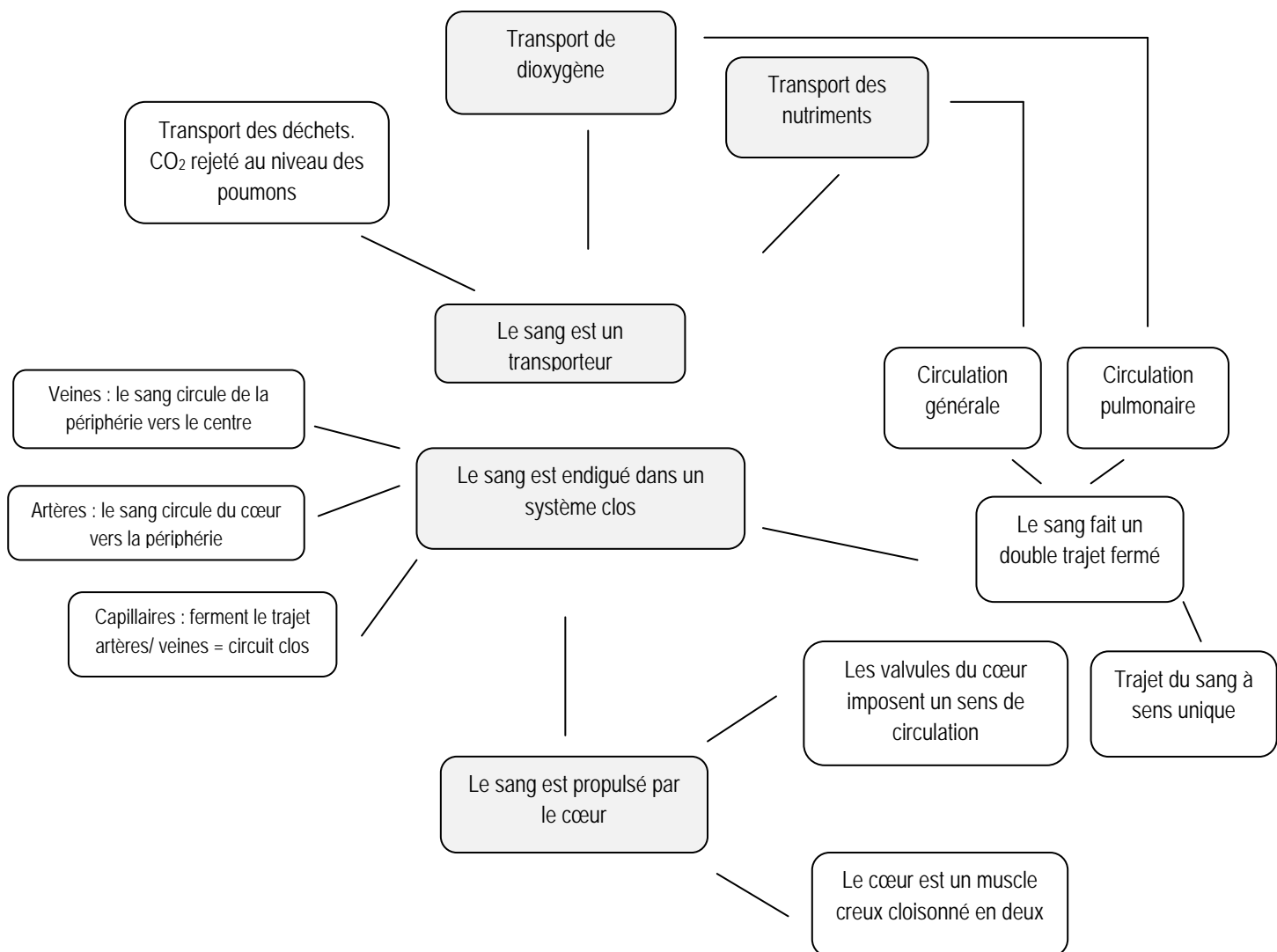


Figure 1. Réseau simplifié des notions constitutives dans l'approche « fonction de nutrition » de la circulation sanguine.

Au choix d'une centration épistémique privilégiée est lié, chez le professeur, le choix d'une modalité de construction des connaissances. Afin de comprendre certains choix d'enseignement de la circulation du sang de la part des professeurs, actualisés dans les pratiques à travers les situations proposées aux élèves, nous avons repris des travaux des didacticiens des SVT deux grandes catégories de démarches possibles dans l'enseignement des sciences et leurs conséquences sur l'apprentissage. Coquidé, Fortin et Rumelhard par exemple rappellent que pour certains enseignants une démarche en sciences prend nécessairement appui sur une ou des observations, point de départ qui permettrait d'atteindre à coup sûr une vérité scientifique préexistante (Coquidé *et al.*, 2009). La plupart du temps, les bonnes explications sont enseignées, soit des savoirs factuels, non questionnés, qui ne s'inscrivent pas en rupture par rapport à des obstacles épistémologiques à dépasser (Bachelard, 2004, 1938). Les savoirs établis sont sans lien aucun avec le contexte de leur production ou une quelconque dimension historique de ces savoirs. On est alors dans une vision dogmatique des sciences dans laquelle les savoirs scientifiques sont assésés comme des vérités que l'on ne peut remettre en cause et sont des savoirs finis non inscrits dans ses dimensions temporelles, situationnelles ou culturelles (Lhoste, 2008). À l'opposé, dans une posture constructiviste, l'apprentissage des sciences peut se concevoir comme une construction ou une reconstruction qui implique le plus souvent de dépasser des obstacles. De nombreuses recherches en didactique des sciences (Astolfi et Peterfalvi, 1993 ; Peterfalvi, 1997 ; Rumelhard, 1997) ont montré que le travail des obstacles implique des stratégies spécifiques qui provoquent chez l'élève des conflits cognitifs. Certains auteurs (Fillon et Peterfalvi, 2004 ; Schneeberger et Ponce, 2003 ; Orange, 2003) ont montré l'importance des interactions langagières en étudiant le débat scientifique dans la classe où le recours à l'argumentation est encouragé par l'enseignant. Dans les modèles d'enseignement prônés par ces chercheurs, les activités d'investigation (documentation, expérimentation, modélisation) sont intimement associées à la construction d'explications. Pour ces auteurs, ce qui est important dans l'apprentissage scientifique, c'est que les élèves puissent être impliqués dans la construction et la résolution de problèmes scientifiques. Orange et Fabre accordent une grande importance au processus de problématisation (Orange, 2005 ; Fabre & Orange, 1997).

Méthodologie de l'étude

Pour produire des résultats, nous avons mis en place un procédé méthodologique très largement inspiré des travaux de l'école genevoise (Leutenegger, 2008). En premier lieu, nous avons produit une importante analyse *a priori* des savoirs en jeu à partir des préparations fournies par les professeurs et en lien avec l'analyse épistémologique du concept³ (cf. ci-dessus). Puis nous avons mis en place une méthodologie de type ascendant avec mise en inférence de deux corpus ; un dans la classe (comprenant environ 13 h de vidéo et leurs retranscriptions, les traces écrites individuelles ou collectives des élèves dans chaque classe) et un hors de la classe (avec notamment des entretiens ante et post séance et des entretiens ante et post protocole menés avec le professeur). Toutes les vidéos sont intégralement

³ Nous ne pouvons indiquer ici la totalité des analyses *a priori* pour l'ensemble des deux séquences analysées ; nous proposons donc des analyses plus ciblées, dans le court du texte, en lien avec les extraits de jeux d'apprentissage que nous présentons dans la partie « résultats ».

retranscrites, puis l'action didactique conjointe est entièrement structurée à l'aide de l'unité élémentaire d'interprétation et d'analyse qu'est le jeu d'apprentissage centré sur un enjeu de savoir. À l'intérieur des jeux, il est alors possible de repérer les pratiques de savoir du professeur et des élèves, c'est-à-dire ce que les uns et les autres *font avec* les savoirs en jeu. Pour resituer un jeu d'apprentissage et saisir son enjeu dans le contexte général de la séquence de travail *in situ* nous produisons une Vue Interprétative Synoptique (Pautal, 2012). Cet outil permet d'avoir, d'un seul coup d'œil, une vision mésoscopique, à l'échelle de la séquence, de l'action didactique jouée, avec les choix épistémiques engagés pour aborder le concept de la circulation du sang (que nous présentons lors de l'exposé des résultats, dans la section suivante). Sur chacun des jeux modélisés, nous produisons une analyse microdidactique sur une action qui est presque uniquement discursive en s'inspirant des travaux conjoints des didacticiens des SVT et du français (Rebière, Schneeberger et Jaubert (2008); Schneeberger (2008); Schneeberger et Ponce (2003)). Nous prenons cependant en compte d'autres formes d'action (une écriture au tableau par exemple) lorsque c'est utile pour comprendre ou soutenir les interactions verbales des acteurs.

Enfin, par questionnement réciproque des différentes pièces du corpus, nous procédons à une reconstruction didactique, avec les outils de la TACD sélectionnés; cette première analyse est extrinsèque et elle est faite de nos interprétations. Mais nous prenons en compte le point de vue des professeurs par l'intermédiaire d'une analyse intrinsèque. Cette dernière sert à conforter le point de vue du chercheur; si des éléments entrent en contradiction, certaines reconstructions sont abandonnées au profit de nouvelles. En effet, au cours du processus de recherche complexe, nous produisons des interprétations que nous confortons avec des propos déclaratifs des professeurs; ce faisant, nous prenons connaissance d'éléments complémentaires qui peuvent servir de guide dans la lecture des prochains jeux analysés. Ainsi, la récurrence des interprétations donne à celles-ci de l'épaisseur et nous permet alors de leur attribuer le statut de caractéristique. Au final, c'est la conjugaison de ces différents procédés et niveaux d'analyse qui permet d'affiner les caractéristiques des pratiques dans les classes. En croisant les analyses didactiques *in situ* avec les données fournies par les entretiens menés avec les professeurs, nous proposons la production de nouvelles inférences permettant de mettre à jour certains déterminants de l'action des professeurs.

Nous présentons rapidement ci-dessous les deux classes participantes à la recherche.

Dans la classe A, officie le professeur PA, EMF⁴ depuis 3 ans, qui a exercé depuis le début de sa carrière (16 ans d'ancienneté) dans des écoles dont le contexte peut être qualifié de « difficile »; la recherche a lieu dans une école située en RAR⁵. L'origine socioprofessionnelle des élèves est modeste. Les élèves sont décrits comme difficiles, bruyants, parfois peu respectueux vis à vis des adultes d'une part et entre eux d'autre part. PA a une formation initiale littéraire (DEA de lettres modernes et littérature comparée).

⁴ EMF : Enseignant maître-formateur dans le premier degré. Un examen professionnel, le CAFIPEMF (Certificat d'Aptitude à la Fonction d'Instituteur Professeur des Écoles Maître Formateur) sanctionne une telle qualification.

⁵ RAR : Réseau ambition réussite. Les RAR sont actuellement les ÉCLAIR : écoles, collèges, lycées, ambition, innovation, réussite.

Le professeur PB (10 ans d'ancienneté dans le métier), EMF depuis 3 ans, officie dans la classe B et exerce lors de la recherche dans une école rurale ; il n'y a pas, selon PB et le directeur de l'école, de difficultés scolaires particulières pour les élèves. PB a une formation de biologiste (maîtrise d'immunologie et DESS « relations publiques de l'environnement »).

Dans un premier temps, il s'agira de présenter les grands traits caractéristiques des pratiques dans chaque classe en portant attention aux types de savoirs et pratiques qui les produisent ainsi qu'à leur enchaînement dans chaque classe, aux places respectives du professeur et des élèves dans l'avancée des savoirs et à la mésogenèse à partir de laquelle s'opère l'avancée des savoirs dans la classe. Pour la présentation de ces résultats, nous nous appuyerons sur des extraits que nous choisirons essentiellement dans le corpus issu de la classe (vidéos et retranscriptions). Dans un second temps, nous inférons des pratiques, des déterminants de l'action de chacun des professeurs qui nous semblent explicatifs des pratiques caractérisées et que nous étayons avec des données issues du corpus hors de la classe (les entretiens menés avec le professeur).

Les résultats dans la classe A

La Vue Interprétative Synoptique (cf. annexe n°1 pour la classe A), traduction des pratiques effectives à l'échelle mésodidactique, permet de repérer les choix épistémiques engagés dans la classe A à travers l'enchaînement des jeux d'apprentissage⁶.

Dans cette classe, la première séance est entièrement consacrée à l'expression et la comparaison des représentations des élèves à propos de l'objet « circulation du sang dans le corps » (S1j1, S1j2, S1j3). La deuxième séance est basée sur l'analyse de trois documents scientifiques (angiographie, radiographie et dessin de l'irrigation d'un doigt de la main) et d'une vidéo et traite de deux éléments de savoir : le sang circule dans des vaisseaux sanguins (artères, veines et capillaires) et le sang circule à sens unique dans ces vaisseaux (S2j2); elle se poursuit par une prise de mesures du pouls et de la fréquence respiratoire (S2j3). La troisième séance est consacrée à une mise en lien des rythmes cardiaque et respiratoire avec l'activité physique en utilisant comme support un tableau récapitulatif de ces rythmes au repos et à l'effort ; un court extrait vidéo doit permettre d'approcher la compréhension de mécanismes d'adaptation de l'organisme à l'effort. Pour terminer cette séance, un schéma de la double circulation sanguine est mis en couleur (S3j3). Une quatrième séance est consacrée à l'organisation du cœur (à partir d'une dissection d'un cœur de porc) dont un schéma correspondant est annoté à la séance suivante (S5j1), tandis qu'au cours de la sixième et dernière séance, cinq ateliers portent sur des manifestations de l'activité cardiaque.

⁶ Ce document récapitule les jeux joués *in situ* et modélisés par le chercheur. Les noms des jeux d'apprentissage correspondent aux *enjeux* de savoir des jeux. Nous n'introduisons pas par exemple les notions de jeu épistémique, générique, spécifique que d'autres auteurs mobilisent dans leurs analyses (Santini, 2010 ; Marlot, 2009). Ce document permet en outre de repérer les jeux dont il sera question dans la présentation des résultats. Le lecteur peut s'y référer à tout moment.

Des caractéristiques des pratiques conjointes dans la classe A

Pour aborder des caractéristiques des pratiques dans cette classe, nous fournissons en préambule l'analyse de la tâche concernée par le jeu d'apprentissage S3j2 dont nous proposons un extrait ci-dessous (extrait n°1). Des mesures des rythmes cardiaque et respiratoire ont été consignées dans un tableau. Les élèves ont fait des inférences à l'aide des données du tableau et doivent maintenant évoquer des raisons pour lesquelles le muscle doit être alimenté davantage au cours d'un effort. Il faut pour cela que les élèves puissent formuler que les échanges entre les organes et le sang sont accrus ce qui permet d'alimenter les muscles en O₂ et nutriments en quantité suffisante compte tenu de l'accroissement de leur consommation et assurer le rejet des déchets dont le dioxyde de carbone. Ils doivent ainsi solliciter des acquis antérieurs relatifs à la digestion et à la respiration. Les savoirs potentiellement en jeu concernent le débit sanguin qui augmente au niveau des organes ; cette variation permettant d'adapter les échanges en fonction des besoins de l'organisme. L'augmentation de l'activité cardiaque à l'effort permet dans le même temps une augmentation du débit du sang vers les poumons et les muscles. La difficulté majeure est de comprendre ces variations car elles nécessitent de mobiliser la notion de débit qui est complexe pour des élèves de cycle 3 et non abordée précédemment.

L'extrait situé au début du jeu S3j2 « Comprendre pourquoi le cœur bat plus vite et on respire plus vite quand on court » permet d'aborder plusieurs caractéristiques des pratiques dans cette classe.

Au TBI⁷ :

Le nombre de pulsations et la fréquence respiratoire dépendent de l'activité physique. Plus on fournit d'effort, plus le cœur bat vite et plus nous respirons vite. Pourquoi ?

- 27. PA :-- alors maintenant / pourquoi ? vous allez l'écrire tout seuls
- 28. ELEV :-- en groupes ?
- 29. PA :-- non / tout seul et après vous pourrez en parler à l'oral // non/ vous écrivez

(Les élèves écrivent sur leur cahier)

....

- 42. PA :-- donc tu dis comme Mimo / le cœur enverrait de l'oxygène et toi Fabi ?
- 43. FABI :-- quand on est fatigué on a besoin de plus d'air
- ...
- 51. LOUE :-- quand on bouge plus vite / on a besoin de plus d'oxygène
- 52. PA :-- donc on a besoin de plus d'oxygène
- 53. BONI :-- quand on a fini de courir on n'arrive pas à respirer bien
- 54. PA :--bon vous allez observer une vidéo⁸ / vous allez la regarder deux fois // oui // « C'est pas sorcier » // vous allez écouter / regarder et vous n'oubliez pas la question pourquoi est-ce que finalement=

Extrait n°1. Extrait du jeu S3j2 « Comprendre pourquoi le cœur bat plus vite et on respire plus vite quand on court ». Minute 11'32 à 18'34.

⁷ La classe A est équipée d'un Tableau Blanc Interactif.

⁸ Dans l'extrait de vidéo concerné un cardiologue est interviewé pour expliquer la double circulation sanguine.

Fermeture du milieu renforcée par les régulations professorales

Sur ces quelques tours de parole, un travail peut s'engager sur l'apport « *d'air* » (Fabi en 43) ou « *d'oxygène* » supplémentaire quand « *on bouge plus vite* » (Loue en 51) et dont « *on aurait besoin* », l'oxygène serait même apporté par « *le cœur* » (selon Mimo avec la reprise de PA en 42), Avec ces éléments apportés par les élèves dans ce qui fait désormais milieu (Amade-Escot et Venturini, 2009, p. 26), une construction du type suivant pourrait prendre forme : « il faut un apport d'énergie supplémentaire aux muscles lors d'un effort et cette énergie supplémentaire est fournie par un apport accru en nutriments et dioxygène apportés par le sang circulant plus vite par une accélération des battements cardiaques ». Or, PA produit des régulations *a minima* sur le milieu, avec par exemple une reprise à l'identique en 52 de la formulation de Loue produite en 51 « *donc on a besoin de plus d'oxygène* ». Et finalement, PA modifie soudainement le milieu en renvoyant entièrement le travail de construction sur la lecture d'une vidéo qui, vue deux fois, devrait fournir la réponse adéquate « *bon, vous allez observer une vidéo* » en 54.

On peut donc avancer que les propositions des élèves déposées dans le milieu didactique sont peu prises en compte par PA à la manière de cet autre extrait :

76. CHER :-- mais maîtresse (*Cher se lève et va au tableau montre, hésite*)

77. PA :-- c'est une artère ça sort c'est forcément une artère

78. CHER :-- on a l'impression qu'elle est toute petite

79. PA :-- oui mais à partir du moment qu'elle sort c'est une artère tu comprends ? merci tu vas à ta place

Extrait n°2. Extrait de S5j1. « Légèrer un schéma de cœur ». Minute 32'50 à 34'10.

On peut ainsi considérer que le milieu dans cette classe est de façon récurrente assez fermé, en tout cas étanche aux propositions des élèves. C'est la récurrence de ces analyses qui nous permet de donner de l'épaisseur à cette interprétation et nous pouvons dire qu'il s'agit là d'une caractéristique dans cette classe.

Extraction de savoirs déclaratifs issus des médias à disposition

L'analyse du même extrait n°1 permet d'avancer que les savoirs produits seront exhumés d'un document, le film de la série « C'est pas sorcier » sur cet épisode. À d'autres moments, il est permis aux élèves d'accéder au savoir en regardant un cœur disséqué (S4j1), en regardant des documents type angiographie ou radiographie (S2j1) ou vidéo (comme ici en S3j2 ou bien encore en S2j3). Les savoirs dans cette classe sont le plus souvent descriptifs et factuels. Ainsi, tout se passe comme si les savoirs étaient dans les médias, choisis par PA, et donnés à voir aux élèves ; c'est un savoir déjà construit qu'il suffirait de découvrir à la manière d'un voile qui couvrirait quelque chose et qu'on enlève. Au final, l'ensemble des pratiques de cette classe est donc assez éloigné des pratiques sociales de référence des chercheurs (Martinand, 1985). Les élèves ne sont pas placés dans un cadre de recherche où l'investigation est première ; ils ne sont pas investis pour proposer plusieurs réponses possibles à la question. Une seule réponse est attendue, celle que les documents semblent contenir. Le professeur ne prend pas au sérieux les propositions des élèves (Schneeberger et Vérin, 2009).

Une répartition topogénétique équilibrée mais improductive

Ce même extrait n°1 donne en outre des indications sur des caractéristiques de la topogénèse. Quatre élèves (Mimo, Fabi, Loue et Boni) prennent l'espace qui est mis à leur disposition pour participer, depuis leur position, à l'avancée des savoirs. Les interventions de PA prenant assez peu appui sur ce que fournissent les élèves dans la mésogénèse, la topogénèse est équilibrée sur ce bout d'épisode, comme sur l'ensemble de la séquence d'ailleurs, mais les élèves sont en partie privés de la prise en charge de l'avancée des savoirs. Ainsi, sur l'extrait analysé, sans régulation adéquate, PA en vient à faire totalement confiance aux médias (en l'occurrence le film « C'est pas sorcier ») pour permettre une éventuelle avancée des savoirs, sans apport significatif de la part des élèves.

Une progression chronogénétique spiralee

Sur le plan mésodidactique et en référence à la Vue Interprétative Synoptique, on peut remarquer que dans cette classe, des éléments de nature théorique précèdent des jeux plus empiriques ; par exemple, une présentation de la double circulation sanguine au jeu S3j3 devance l'observation d'une dissection d'un cœur au jeu S4j1. La circulation du sang est ainsi envisagée dans un modèle du vivant dans lequel des éléments théoriques sont en partie tissés avec des éléments plus descriptifs. L'ensemble confère à la chronogénèse une allure spiralee propre à cette classe A où l'on assiste à des reprises à d'autres moments, sous d'autres formes, de jeux avec des enjeux de savoir très proches (S6j1 est une reprise de S5j1).

Des déterminants de l'action de PA explicatifs des pratiques

Nous avons pu, à partir des pratiques conjointes *in situ*, inférer quelques déterminants de l'action de PA qui sauraient rendre raison d'une partie des pratiques caractérisées.

Des composantes du ROS de PA peuvent expliquer une partie des pratiques conjointes

La manière personnelle qu'a PA de connaître les savoirs de la circulation du sang est le résultat d'une acquisition relativement récente, en lien avec sa formation initiale littéraire. Pour faire le point sur le concept, PA mobilise des ressources diverses (livres du maître et manuels de l'école, DVD⁹, renseignements auprès d'un ami médecin et recherches sur Internet). La circulation du sang est pour PA un concept extrêmement complexe ; ainsi quand elle regarde un schéma de la double circulation sanguine, elle a « *l'impression que c'est le moteur d'une voiture* » ! « *Quand je vois ça je me dis c'est quoi ce truc ?!* » (entretien ante protocole). Sa manière de connaître le concept lui fait envisager la circulation du sang sur un versant fonction de nutrition qu'elle met à l'étude dans la classe et les savoirs qui y sont produits sont ceux qu'on trouve dans des documents/ressources ou dans la parole des experts (le cardiologue interviewé dans la vidéo « C'est pas sorcier » par exemple). C'est une certaine forme d'empirisme naïf qui fait croire à PA que la solution aux questions qu'elle se pose (ou qu'elle pose en classe) se trouve dans le document, entendu ici dans le sens d'un substitut du réel ou d'objet pérennisant le réel ou donnant un point de vue particulier sur le réel. Cela semble confirmé par les propos de PA lors de l'entretien ante S3 : « *j'ai pas donné de support et il faut absolument qu'ils puissent valider ... par un document et là il me manque quelque*

⁹ DVD : « Sciences et technologie à l'école », la collection des DVD « C'est pas sorcier », Sceren/la Map, Jeulin.

chose, ... oui, il faut que je cherche un support, des documents, une vidéo ». Les types de savoirs que les élèves doivent alors apprendre sont des savoirs-solutions (dans le sens de réponse à une question fermée) qu'ils ont la charge d'exhumer des documents ou des savoirs que nous avons décrits comme étant essentiellement déclaratifs. Ainsi, installer les élèves dans des situations de classe, que nous avons décrites, mésogénétiqument, comme ne favorisant pas la co-construction des savoirs peut être relié aussi, par inférence, à cet aspect particulier du ROS de PA, à cette forme de relation épistémologique entretenue avec les savoirs de la circulation du sang.

La manière qu'a PA de connaître la circulation du sang est transposée d'une certaine façon dans les procédures mises en œuvre pour enseigner. Nous pensons pouvoir faire un parallèle, entre les ressources plurielles mobilisées chez PA pour apprendre par elle-même et la variété des documents fournis aux élèves de la classe (radiographie, angiographie, extraits de DVD, dissection, manipulation diverses au cours des ateliers scientifiques) pour enseigner ces savoirs. De la même façon que PA fait confiance à son médecin pour des compléments d'informations sur le sujet, elle donne à entendre aux élèves les propos d'un cardiologue sur le fonctionnement du cœur. Enfin, la grande complexité qui fait, selon PA, la spécificité de la circulation sanguine, *« c'est super compliqué la circulation sanguine ! Je pense, personnellement, que c'est la notion la plus complexe à enseigner, vraiment la plus complexe »* (entretien ante protocole), l'oblige, compte tenu de son ROS, à adopter une démarche d'enseignement du type spiralé qui engage la classe à revenir sur du « déjà vu » et donne à la séquence une chronogenèse spécifique *« dans la fonction de nutrition tout est tellement imbriqué qu'il faut faire des retours réguliers »* (entretien ante protocole).

L'activité adressée : puissant organisateur des pratiques

On note chez PA la volonté de respecter les consignes préconisées par les textes officiels *« la démarche d'investigation, c'est comme ci, comme ça, qui je suis moi pour mettre en cause, en doute, cette recommandation-là ... c'est la plus adaptée à la construction des savoirs des enfants »* quitte à ce que cette démarche, pensée par des spécialistes auxquels PA fait confiance, soit interprétée comme une espèce de cadre formel valable quels que soient les savoirs : *« c'est quand même un schéma que tu peux appliquer sur l'ensemble des notions, c'est un cadre, je trouve que ce cadre est très très bien »* (entretien ante protocole).

PA suit un positionnement, souvent admis dans la sphère de la formation professionnelle des enseignants, relatif à l'activité des élèves ; il s'agirait de rendre l'élève « actif » mais cette activité n'est pas toujours entendue comme une activité intellectuelle de l'élève. PA tente de se mettre en conformité avec ce qu'elle comprend de cette position, en proposant aux élèves de la manipulation pratique et des activités mobilisant peu les élèves dans des situations intellectuellement denses.

La volonté, chez PA, de respecter, tant le BO que les discours officiels, pourrait avoir partie liée avec sa fonction d'EMF. La mise en conformité avec les demandes institutionnelles est d'autant plus marquée que PA se doit de présenter une action, actualisée par sa pratique de classe, la plus représentative, précisément, de ces institutions. En effet, sa fonction de maître formateur fait que ses pratiques sont soumises fréquemment aux regards extérieurs (ceux des

étudiants en formation professionnelle), à la discussion, à l'échange, de sorte qu'on peut penser qu'elles sont contrôlées. PA peut être tentée de mettre en œuvre des pratiques qui tiennent compte d'une certaine doxa en matière pédagogique. En tant que professionnelle chargée de la formation de jeunes enseignants, PA se doit de fournir une attitude exemplaire ; cette forme d'adressage et de respect d'une « norme » didactique nous semble un élément de détermination fort de l'action de PA.

Une épistémologie pratique à rattacher au contexte d'exercice

Nous rapportons enfin certaines des caractéristiques des pratiques conjointes au contexte d'exercice ; il s'agit d'une classe située en RAR. En fin d'entretien post protocole, PA convient qu'elle a produit un apprentissage par « *stimulus-réponse* » dans cette classe ; il nous semble que cette vision de l'apprentissage, pour le moins behavioriste, peut, en partie, avoir été construite au cours de l'exercice du métier en RAR. En effet, PA a travaillé en SEGPA¹⁰ pendant plusieurs années et nous a dit bien connaître le contexte des écoles « difficiles ». Elle a pu intérioriser des pratiques mises en œuvre dans ce contexte, caractérisées par la mise en place d'un milieu plutôt fermé et des régulations professorales guidant beaucoup le travail des élèves, et les considérer finalement comme classiques. D'autant que ces pratiques « fonctionnent » ; « tenir » les élèves de cette classe en RAR peut être associé à certaines caractéristiques des pratiques qui sont ainsi validées par ce succès. On aurait ici des connaissances implicites issues de l'expérience qui déterminent les pratiques elles-mêmes ; on serait là dans une *épistémologie pratique* au sens de Sensevy (2007).

Les spécificités mésogénétiques dans cette classe - faible prise en compte des élèves dans la construction d'une référence commune ou une faible prise en compte des élèves dans la construction des savoirs- seraient donc des caractéristiques à rapporter, en partie, au contexte d'exercice, comme d'autres travaux ont déjà, par ailleurs, fait ce lien entre un faible engagement intellectuel des élèves dans les tâches proposées et la représentation par les enseignants du niveau de leurs élèves et de leurs capacités (voir en particulier Bautier et Rayou, 2009 ; Bautier et Rochex, 2004 ; Rochex et Crinon, 2011).

Ainsi, les éléments qui constituent l'activité adressée (la fonction de maître formateur qui respecte les préconisations institutionnelles) ont été incorporés dans la pratique de PA. L'adressage devient un des éléments majeurs explicatifs d'une partie de l'action conjointe, aux côtés d'un ROS de la circulation du sang et de théorisations plus ou moins implicites concernant les savoirs (savoir-solution), l'apprentissage (par « *stimulus-réponse* ») et l'enseignement (par des démarches préconisées) fondant l'épistémologie pratique de PA. Une partie de la pratique de PA trouve des éléments d'explication dans des **aspects spécifiques** : la nature du savoir à enseigner, complexe, en réseau, selon PA, justifiant une démarche bouclée sur elle-même, car « *tout est lié* » dans ce concept faisant partie des fonctions de nutrition. Les propres liens, de nature épistémologique, entretenus par PA avec ces savoirs (des savoirs-solutions à exhumer des documents) engagent PA vers des techniques allant vers une fermeture du milieu d'apprentissage. Des **aspects plus génériques** sont également dégagés : ce serait une pratique forgée dans certaines conditions (RAR) qui créeraient des théories

¹⁰ Section d'enseignement général et professionnel adapté.

implicites sur la pratique, même si PA se défend d'ailleurs d'une prise de conscience d'un tel phénomène.

Les résultats dans la classe B

La Vue Interprétative Synoptique (cf. annexe n°2 pour la classe B) permet de repérer d'un seul coup d'œil l'enchaînement des jeux d'apprentissage lors des pratiques effectives dans la classe.

Les séances 1, 2, et 3 constituent un groupe que l'on pourrait subsumer sous le thème « modifications physiologiques liées à l'effort ¹¹ ». Elles permettent de faire produire un outil de recueil de données physiologiques aux élèves (S1j3), de recueillir effectivement les données (S2j2) et enfin de les critiquer et les analyser (S3j1, S3j2 et S3j3). A la suite de cette longue introduction du sujet traité, les élèves doivent, à partir de la séance 4, expliquer pourquoi le cœur bat plus vite au cours d'un effort physique. Ces éléments d'explication les amènent à tenter de produire des liens possibles entre le fonctionnement du cœur, des poumons et des muscles, au cours de la séance 5. Un travail sur la double circulation sanguine (séance 6) et sur l'organisation du cœur (séance 7) est engagé dans les deux dernières séances de la séquence qui se termine par une dissection d'un cœur de porc (S7j2).

Des caractéristiques des pratiques conjointes dans la classe B

Une chronogenèse marquée par une phase de construction de problème

Dans cette classe, les trois premières séances ont permis de recueillir, traiter et analyser des données empiriques sur la variation des rythmes cardiaque et respiratoire en fonction de l'intensité de l'effort. Les élèves sont impliqués dans la construction d'un outil de recueil de données physiologiques qu'ils renseignent ; PB leur fournit ensuite les moyens de confronter, pour les critiquer et les discuter, leurs mesures à des résultats dits de référence. Ainsi, PB fait fréquenter aux élèves des pratiques qui les familiarisent avec une forme de culture scientifique qui n'est pas sans lien avec des pratiques sociales de référence de chercheurs, en référence aux travaux de Martinand (1985). Ces trois premières séances ont permis d'objectiver des liens entre deux paramètres physiologiques au cours d'un effort. Il s'agit maintenant de poser le problème de la nature de ces liens. C'est ce qui est évoqué dès le début de la séance 4 avec une phase de construction de problème. Voici un extrait du jeu S4j0 :

9. PB :--nous avons donc conclu que lorsqu'on fait un effort / le cœur battait plus vite et la respiration augmentait son rythme
10. LENA :--pourquoi
11. PB :--oui / voilà la question qu'on se posait moi j'aimerais bien savoir pourquoi lorsque je cours lorsque je fais un effort
12. LENA :--mais on l'a dit parce que on fait un effort physique !
13. MAUD :--quand on court le sang doit aller plus vite
14. LENA (*approuvant*) :--oui oui on l'a dit voilà
15. MAUD :--vu que le cœur augmente il a besoin de plus de sang

¹¹ Nous préférons cette expression « modifications physiologiques liées à l'effort » à celle d' « adaptation de l'organisme à l'effort » fréquemment rencontrée dans les manuels de l'école et qui donne à penser que le corps s'adapte à son environnement alors qu'il est adapté.

Pendant cet échange entre élèves, PB écrit au tableau :

Pourquoi mon cœur bat il plus vite quand je fais un effort ?

16. MAUD :--et ça va plus vite parce qu'on fait un effort physique le cœur travaille plus
17. PB :--oui mais pourquoi
18. ELEV :--ben on absorbe plus de sang je crois
19. PB :--oui mais pourquoi c'est ça qui faut chercher

Extrait n°3. Extrait de S4j0 « Rappel de S3 et problématisation ». Minute 0 à 5.

Au cours de ces échanges, PB incite les élèves à re-questionner une évidence qui ne demandait pas d'investigation supplémentaire de leur part pour aller plus avant dans les explications : « *mais on l'a dit* » (12), « *oui oui on l'a dit* » (14), le « *voilà* » clôturant fermement le propos et induisant une certaine forme d'« allant de soi » qui ne demande pas de remise en cause. PB incite alors à revoir « ce qui ne fait pas problème » pour engager les élèves vers la construction d'une explication. Tous les autres jeux de la séquence à partir de S4j1 vont ensuite servir le projet de résolution du problème posé depuis 3 séances et construit au cours de ce jeu analysé (S4j0). Par ces pratiques, la classe inscrit les savoirs scientifiques comme des réponses à un problème construit en interrogeant des mesures réalisées par les élèves ; les savoirs sont ainsi d'une certaine façon liés au problème qui leur donne naissance ce qui correspond à la posture constructiviste définie page 6 (partie inscription théorique des travaux).

Une mésogénèse à forte densité épistémique

Examinons un extrait du jeu S4j1 « Comprendre 3 documents pour répondre à la question pourquoi le cœur bat-il plus vite lorsque je fais un effort ? » qui suit immédiatement l'extrait précédent. Ce jeu est très proche du jeu analysé dans la classe A « Comprendre pourquoi le cœur bat plus vite et on respire plus vite quand on court ». Dans la classe A, la réponse était apportée en regardant un film « C'est pas sorcier ». Ici, c'est une discussion qui s'engage sur les informations fournies à propos de trois documents parmi lesquels un, dont il est question dans l'extrait qui suit, figure une comparaison du débit sanguin dans quelques organes au repos et à l'effort. Des élèves débattent à propos du débit sanguin.

80. HAON :--les muscles ils sont dix fois plus gros quand on court
81. MAUD :--ils sont pas dix fois plus gros ils prennent
82. ELEV :--mais les muscles sur le dessin / ils sont pas rikiki comme ça
83. MAUD :--c'est pas qu'ils sont plus gros c'est qu'ils prennent plus de sang
84. ELEV :--non ils prennent moins de sang
85. MAUD :--non / plus ils sont gros plus ça veut dire qu'ils prennent plus de sang
86. HAON :--eh bien excuse moi mais le cerveau là y'a écrit 750 et là aussi
87. MAUD :--oui / 750 litres de sang par minute
- ...
99. PB :--regardez le titre du schéma / Haon débit sanguin au repos et pendant une activité physique autrement dit si je prends la définition de débit sanguin quantité de sang qui traverse mon muscle en une minute à gauche du schéma au repos 1200 millilitres et 12500 millilitres de sang / qu'est-ce que ça veut dire Haon ?
100. HAON :--qu'on en a dix fois plus dans celui-là qui court
101. PB :--de quoi
102. HAON :--et beh de sang (*un peu agacé*)
103. PB :--de sang qui passe le muscle ne se gorge pas de sang à exploser / alors est-ce que j'ai eu raison de marquer quand le muscle est actif augmentation du débit sanguin ?
104. ELEV :--oui
105. ELEV :--mais ça reste pas dedans ça passe (*à l'adresse de Haon*)

Extrait n°4. Extrait de S4j1 « Comprendre 3 documents pour répondre à la question pourquoi le cœur bat-il plus vite lorsque je fais un effort ? ». Minute 5 à 44.

Au cours de cet extrait, le travail porte sur le débit sanguin : le milieu épistémique est très dense. Le recours aux données quantitatives, encouragé par le professeur, donne sens à l'introduction de la notion de débit sanguin. Maud et Haon pointent en 86 et 87 que le cerveau ne subit pas de modification du débit sanguin au cours d'une activité physique. Ces échanges conduisent à l'abandon d'une idée d'irrigation des organes (PB en 103, « *le muscle ne se gorge pas de sang à exploser* ») pour aller vers une idée de circulation du sang à travers l'organe (l'élève en 105, « *mais ça reste pas dedans ça passe* ») et amorcer ainsi l'idée d'un passage du sang dans un certain sens.

Des interactions favorisées entre élèves

À la suite de l'analyse de l'extrait n°4 ci-dessus on peut dire que les interactions qui ont lieu dans la classe sont animées par PB, mais ne passent pas systématiquement par PB. Sur l'exemple précédent, par des explications de la part de Maud (en 81, 83 et 85 « *ils prennent plus de sang* », en 87 « *litre de sang par minute* ») et un étayage de PB (en 99 « *quantité de sang qui traverse mon muscle en une minute* ») la progression se fait dans le sens d'une meilleure compréhension, par Haon, de la notion de débit sanguin et de son augmentation dans le muscle en situation d'effort. On voit ici, grâce à l'analyse langagière, comment les énoncés d'un élève, progressivement déplacés, sont modifiés en fonction des interventions d'autrui pour aboutir à la constitution d'énoncés communs, eux-mêmes provisoires. Le professeur laisse se développer ce type d'échanges et guide les activités discursives des élèves dans le travail de construction de la notion. Les échanges orchestrés par PB créent les conditions d'une co-élaboration des savoirs entre les élèves et le professeur mais aussi entre les élèves.

Une production de savoirs scientifiques explicatifs

Les pratiques dans lesquelles les élèves sont engagés les amènent à produire en partie (S5j1), ou à utiliser des modèles. Il y a la volonté de pratiquer une activité intellectuelle de modélisation en situant les données théoriques avant les observations pratiques ; ainsi une dissection d'un cœur, qui est le dernier jeu de la séquence (S7j2), prend appui sur tous les éléments théoriques dégagés antérieurement.

Certains des savoirs produits dans la classe sont explicatifs de phénomènes concourant à comprendre la circulation du sang comme une fonction de nutrition en résolvant le problème de l'apport de nutriments et de dioxygène aux muscles. PB a le souci de faire produire ces savoirs explicatifs en référence à un modèle du vivant vers lequel elle tente d'engager les élèves, notamment en étant vigilante sur les écrits produits comme ici au cours de ce jeu S4j2.

207. ELEV :--maîtresse on peut écrire que si le cœur bat plus vite forcément la respiration va augmenter / ben c'est un peu le moteur

208. PB :--oui / on l'a quand même écrit ça si je relis sans les parenthèses « le cœur doit battre plus vite et la respiration doit augmenter »

209. ELEV :--ah oui c'est bon

210. MATT :--quand les muscles ont besoin de sang et de respiration c'est pour ça que quand on court le cœur bat plus vite et la respiration va plus vite / le sang va plus vite dans les muscles et la respiration aussi
211. PB :--on aurait pu parler d'adaptation du corps
212. LENA :--aux besoins des muscles

Extrait n°5. Extrait de S4j2 « Élaborer une trace écrite ». Minute 44 à 56.

Les élèves ont tendance à expliquer une chaîne de réactions en cascade « *on court, le cœur bat plus vite et la respiration aussi* » (210) qui permet de situer leur discours sur des modèles explicatifs du vivant de type mécaniste perceptibles dans l'enchaînement proposé « *si le cœur bat plus vite forcément la respiration va augmenter ben c'est un peu le moteur* » (207). Ils échangent dans cet extrait sur un registre qui est finaliste marqué par les expressions « *les besoins du muscle* » (210, 212). En revanche, P3 revient à plusieurs reprises sur l'idée que pour fonctionner « *le cœur doit battre plus vite et la respiration doit augmenter* » (208), avec des éléments du discours de P3 qui situe celui-ci dans le champ des nécessités et en référence, sans doute, à un modèle du vivant vraisemblablement cybernétique qui considère des relations dynamiques entre les fonctions physiologiques, cardiaque et respiratoire, avec ajustement suite à des modifications pour maintenir un équilibre dans le système, ce qui est une façon de penser les choses très différente de la vision mécaniste repérée chez les élèves. On peut supposer que c'est un moyen, pour le professeur, d'engager les élèves vers un registre explicatif nouveau pour eux.

Sur l'ensemble de la séquence, la teneur des jeux joués est à haute densité épistémique, surtout après la phase de construction de problème (cf. extrait n°4, ci-dessus). L'ensemble de ces éléments permet de dire qu'une progression est mise en place dans cette classe, de sorte à produire, avec les élèves, des savoirs qui possèdent le statut de savoirs scientifiques au sens de savoirs explicatifs et pas seulement déclaratifs.

Des déterminants de l'action de PB explicatifs des pratiques

Le ROS de PB : entre maîtrise des savoirs et plaisir à les partager

C'est certainement une bonne maîtrise des savoirs scientifiques, en lien avec sa formation initiale de biologiste, qui permet à PB de mettre à l'étude dans la classe des savoirs ambitieux. Les aspects « fonction de nutrition » de la circulation du sang y sont étudiés sans faire d'économie sur le plan des exigences épistémiques : « *les connaissances scientifiques je les ai, ça nécessite une petite réactualisation bien sûr* » (entretien ante protocole). En arrière-plan de sa connaissance de la circulation du sang, il y a vraisemblablement ce *background* que le vivant est un système dynamique ouvert, tendant vers un équilibre en maintenant ses constantes contre des perturbations (voir ci-dessus l'analyse de l'extrait n°5). En inscrivant les savoirs de la circulation du sang dans cette perspective, cela leur donne une certaine épaisseur. Associée à cette maîtrise assumée des savoirs de la circulation du sang, il y a parfois l'illusion que tous les savoirs peuvent être abordés ; par exemple, envisager la notion de débit sanguin par des pratiques exclusivement documentaires avec des élèves de 11 ans (cf. jeu S4j1) peut être révélateur d'une appréciation inexacte des niveaux d'abstraction de certaines notions pour les enseigner à tous les élèves d'une classe.

Les savoirs de la circulation du sang appris par PB au cours de ses études scientifiques, notamment biologiques, l'ont probablement été dans une certaine épistémologie (savoirs construits, en lien avec les pratiques sociales de référence des chercheurs) et c'est vraisemblablement son propre ROS qui transparait dans les pratiques conjointes dans cette classe.

À cette bonne connaissance du sujet, se superpose une dimension « plaisir » qui fait partie intégrante du ROS de PB : « *c'est sûr je me fais plaisir avec eux* ». Sa « *passion* » pour la biologie est restée intacte depuis les classes de lycée où un professeur de SVT l'a encouragée vers des études de biologie (entretien ante protocole).

L'épistémologie pratique de PB : des théories implicites sur les savoirs de la circulation du sang, leur enseignement et apprentissage

PB semble posséder des théories personnelles, à propos des savoirs et des pratiques scientifiques, en particulier les savoirs liés à la circulation sanguine, proches d'une épistémologie scientifique contemporaine, ce qui l'amène à une certaine exigence sur le plan épistémique dans la production de savoirs scolaires. Ce qui guide PB, dans sa pratique, est sans doute, en partie, sa propre épistémologie de la connaissance scientifique. Les savoirs de la circulation du sang, dans cette classe, sont des savoirs discutés, argumentés, validés par les pairs ; ils ont une certaine dimension sociale (cf. notamment l'extrait n°4).

On note le souci chez PB de laisser une certaine place à l'expression des connaissances des élèves qui font l'objet de discussion et qui servent de support à l'avancée des savoirs dans la classe. On peut penser que ce sont donc des théories de type socio-constructivistes offrant une large place aux élèves qui alimentent implicitement les pratiques professorales. Proposer d'aborder des éléments théoriques (notamment à partir de documents) pour expliquer un phénomène, inscrit le travail de la classe dans une approche épistémologique constructiviste des savoirs biologiques où l'observation n'est pas première et où la relation entre structure et fonction est le produit d'une construction.

Si certaines des pratiques de PB prennent ancrage dans des *backgrounds* pas forcément conscientisés, il en est qui le sont ; ainsi PB propose volontairement de situer la dissection du cœur au terme d'une démarche de modélisation qui propose des éléments de lecture théorique d'une activité pratique avant de procéder à l'observation d'une dissection « *j'ai choisi de leur donner la théorie et ensuite en S7 la pratique même si c'est pas eux qui vont pratiquer en leur montrant un cœur* » (entretien post S7).

Nous avons noté aussi la volonté de faire basculer les élèves dans une sphère scientifique aux pratiques spécifiques, y compris langagières, toutes orientées vers la construction d'explications communes acceptables sur le plan scientifique. Il y a vraisemblablement l'idée que les connaissances scientifiques se construisent par des processus intellectuels exigeants dans lesquels les élèves ont un rôle actif majeur, le professeur étant garant de la scientificité des énoncés de savoirs produits. Ces éléments sont autant de traductions de ce que peuvent être des théories implicites sur « enseigner et apprendre la circulation du sang » ou plus modestement des guides pour l'action.

Une composante faible : l'activité adressée

Faire le choix de construire sur trois séances des données puis de poser un problème à résoudre à l'entrée de S4, et de construire un modèle (schéma de la circulation) qui sera ensuite confronté au réel par l'observations des structures (dissection du cœur), est un choix assumé, peu courant en primaire qui montre une certaine volonté pour PB de mettre la classe dans des situations d'apprentissage de bon niveau et au cours desquelles sont créés les « conditions d'une scolarisation de l'activité scientifique » (Schneeberger et Ponce, 2003). PB entraîne ainsi les élèves vers des activités scientifiques inscrites dans un temps long, en tout cas peu habituel au niveau de l'école primaire française ; c'est la marque d'une certaine distance prise avec les commandes institutionnelles dont PB semble s'affranchir.

Bien que maître-formateur, PB conserve un certain nombre de réserves quant à une démarche d'investigation dont elle dira « *qu'il s'agit de faire des recherches* » sans entrer plus avant dans une définition plus institutionnelle. Au discours, PB semble préférer une mise en œuvre qui, à tout prendre, est une illustration convaincante d'une démarche d'investigation. PB semble faire peu de cas des discours officiels et semble s'en affranchir sans s'y opposer ; ils n'initient pas sa réflexion de base sur l'enseignement et l'apprentissage de la circulation du sang. Cette autonomie par rapport aux textes officiels est traduite par les distances prises par PB avec les types de documents supports des activités des élèves « *je sais pas si c'est moi qui suis en dehors des clous, mais je trouve pas de documents* » (entretien ante S4) ; nous avons noté la forte densité épistémique qui met en jeu des documents de type collègue. L'activité adressée de PB ne semble pas être un facteur extrêmement déterminant de son action.

Nous engageons dans la section qui suit une discussion des résultats sur la base de ces éléments explicatifs des pratiques, relatifs aux déterminants de l'action des professeurs.

Discussion des résultats

Complexité et cohérence des déterminants de l'action des professeurs

Nous avons repris des travaux de Sensevy (Sensevy, 2007) la catégorisation en ROS du professeur, *épistémologie pratique* et activité adressée. Les inférences faites à partir de l'analyse *in situ* l'ont été à propos de ces blocs de déterminants. L'étude que nous avons menée a, dans son mouvement de description analytique, dénoué des liens pour rendre plus apparent les différents déterminants mais il s'avère au final que les liens, dénoués pour l'analyse, entre ces blocs de déterminants sont plus ou moins forts. Les déterminants de l'action didactique que nous avons dégagés (et il peut y en avoir d'autres) sont constitués en blocs, plus ou moins intriqués, dont la grande cohérence permet de dire qu'ils sont organisés en réseau complexe. En revenant sur les résultats produits à l'aide des deux études de cas, nous voulons montrer que la manière de connaître les savoirs de la circulation du sang n'est pas sans lien avec les théories sous-jacentes à propos de leur apprentissage, de même que celles-ci ne sont pas sans lien avec les théories relatives à l'enseignement

L'intrication des déterminants de l'action de PA nous semble bien visible. Ce professeur ne considère pas les savoirs comme des constructions intellectuelles mais plutôt comme

« extérieurs à soi » ; ils sont donnés, on les exhume des documents. PA, de par sa formation littéraire et sa fréquentation récente avec les savoirs de la circulation du sang, ne maîtrise peut être pas suffisamment les savoirs en jeu ; elle a tendance à fermer au maximum les situations et refuse d'une certaine façon de prendre en compte les propositions des élèves. L'ensemble de ces théorisations sur les savoirs, l'enseignement et l'apprentissage forme un tout cohérent qui, semble-t-il, installe les élèves dans une position d'exécutants qui consiste à produire des réponses uniques à des questions relativement fermées de l'enseignante et à faire ainsi leur « métier » d'élève (Perrenoud, 1994). Nous avons fait l'interprétation que l'enseignement en RAR pouvait renforcer ce positionnement, à la suite d'une forme de validation par la pratique elle-même, d'autant que PA a toujours enseigné dans des établissements « sensibles »¹². Une des conséquences de ces assemblages de déterminants est d'induire chez les élèves l'idée qu'il suffirait dans cette classe de dire la manière qu'on a de connaître les savoirs sans s'impliquer dans un réel apprentissage.

Dans la classe B, ce sont des points de convergence entre ce que sont les savoirs scientifiques, la manière de les construire et de les apprendre, le tout dans une épistémologie constructiviste qui font la cohésion entre les blocs de déterminants à l'origine de formes particulières d'action disponibles pour l'enseignant dont certaines seront mobilisées dans l'action conjointe et qui permettront, éventuellement, aux élèves d'apprendre les sciences, en faisant des sciences (Bisault, 2008). Dans cette classe, les pratiques observées en référence à celles produites dans la communauté scientifique peuvent d'ailleurs prendre à certain moment, un aspect caricatural, lorsque notamment PB a l'illusion que tout peut s'apprendre quelque soit la densité épistémique en jeu.

Finalement la conclusion à laquelle nous parvenons quand on interroge les déterminants de l'action de ces deux professeurs est beaucoup plus complexe que la formulation d'une simple dichotomie des pratiques qui pourrait grossièrement être résumée de la façon suivante : le professeur de formation littéraire a des difficultés à faire produire aux élèves des pratiques en référence à celles exercées dans la communauté scientifique tandis que le professeur de formation scientifique le peut¹³. Les déterminants professoraux constituent des blocs solidaires, complémentaires, mais pas toujours, car parfois en tension, qui s'influencent l'un l'autre et qui influencent les schémas d'action potentiels des enseignants (c'est-à-dire les actions possibles dans l'action conjointe). Au-delà de cette imbrication fine et complexe des déterminants relatifs aux savoirs de la circulation du sang, nous pouvons faire l'hypothèse que les déterminants de l'action chez des enseignants polyvalents, à propos de la circulation du sang, entretiennent sans doute des liens très étroits avec des théories plus générales sur l'enseignement et l'apprentissage des savoirs en général ; celles-ci pourraient vraisemblablement percoler vers les théories sur l'enseignement et l'apprentissage de ces savoirs-là, ceux de la circulation du sang. Les déterminants des pratiques des maîtres

¹² Nous assumons cette interprétation qui ne pourrait trouver de confirmation que s'il était possible de suivre des pratiques de ce professeur dans un autre contexte que le contexte RAR où ce professeur exerce.

¹³ La littérature fournit d'ailleurs un exemple dans lequel un professeur expert en sciences peut mobiliser des éléments d'épistémologie pratique qui hypothèquent chez les élèves la possibilité d'un véritable apprentissage scientifique (Marlot (2009).

polyvalents du premier degré relèvent donc d'une très grande complexité et nous avons pu mettre à jour quelques uns des aspects de cette complexité.

Ajoutons aussi à cette complexité qui tient les déterminants professoraux des pratiques que ceux-ci sont très implicites ; PB pratique une démarche scientifique sans forcément qu'elle soit en capacité de l'explicitier systématiquement ; ces éléments non conscientisés d'une démarche en partie naturalisée sont incorporés intimement dans la pratique. Les déterminants que nous avons inférés des pratiques en lien avec les savoirs de la circulation du sang sont pour partie « encapsulés » (Crahay, Wanlin, Issaieva et Laduran, 2010) dans des connaissances très générales qu'ont les professeurs sur les savoirs, la classe, l'école et bien d'autres choses encore.

Persistence de certains déterminants de la pratique professorale

L'influence des déterminants de l'action professorale sur les pratiques est variable ; certains déterminants relatifs à l'activité adressée sont prépondérants dans la classe A où les pratiques sont produites en référence à l'institution ou motivées par la demande institutionnelle alors que dans la classe B, c'est plutôt la pratique scientifique qui est la référence principale des pratiques scolaires. Ces déterminants font en partie la variété des pratiques enseignantes. Il semble nécessaire de préciser que la grande complexité dans l'articulation de différents éléments qui font les déterminants des pratiques nous engage à la prudence et à la modestie dans nos conclusions ; en effet, la totalité des pratiques ne peut être expliquée systématiquement. En tout cas, nous n'avons pas la prétention de détenir l'ensemble des éléments qui pourraient nous permettre d'expliquer à coup sûr les pratiques didactiques conjointes observées ; nous pouvons fournir des explications sur une partie des pratiques, le versant didactique.

Enfin, une partie de nos résultats, notamment en ce qui concerne les références épistémologiques du professeur de la classe A, est en cohérence avec les résultats de travaux menés dans les années 1980 (pour une synthèse voir Lederman, 2007) qui mettent en évidence les références épistémologiques de type empiriste chez les professeurs de sciences. Cette récurrence dans les résultats de recherche interroge d'autant que certains travaux sont désormais anciens. Pourquoi trouve-t-on encore aujourd'hui la convocation de ces registres épistémologiques au sein des pratiques de maîtres relativement jeunes ? Chez des enseignants d'une même génération ? J.Y. Cariou apporte des éléments de réponse en retraçant l'arrière-plan historique de l'épistémologie « spontanée » des enseignants (Cariou, 2011, p. 84) et en attribuant l'enseignement des disciplines scientifiques « aujourd'hui essentiellement opératoire et manipulatoire » à « l'implantation profonde d'une tradition épistémologique aux racines historiques séculaires » (Cariou, 2011, p. 94). La compréhension de cet enracinement peut aider à penser un travail spécifique en termes de formation des enseignants.

Un retour sur les outils de la recherche

Nous proposons un retour sur les outils théoriques et méthodologiques utilisés dans cette étude. Nous avons utilisé des outils théoriques fournis par la TACD pour procéder aux

descriptions des pratiques conjointes, en inférer des déterminations professorales et ainsi tenter de répondre à nos questionnements de recherche. Il n'existe pas de niveau universel de découpage de l'activité humaine ; il n'en existe pas non plus pour rendre compte de l'action didactique conjointe. Comme le précise Sensevy : « *l'usage de la notion de jeu est d'abord justifié par le postulat qu'un jeu réfère à la bonne granularité pour comprendre l'action humaine* » (Sensevy, 2011, p. 36) Pour ces deux études de cas, la description d'une partie de l'activité humaine en situation didactique a été faite sous forme de jeux d'apprentissage centrés sur un enjeu de savoir dont la granulométrie a été choisie pour rendre compte au plus près de l'activité didactique ; ce choix a répondu aux nécessités imposées par les questions de recherche et ce découpage séquentiel nous apparaît une distance raisonnable et productive pour rendre compte d'une action d'enseigner et d'apprendre les savoirs de la circulation du sang au cycle 3. L'outil Vue Interprétative Synoptique permet en outre de naviguer entre deux échelles d'analyses, méso et micro qui sont complémentaires ; le passage d'une échelle à l'autre est essentiel pour articuler nos compréhensions de ce qui se joue dans l'interaction de quelques tours de parole et de ce que cela peut avoir comme lien avec l'ensemble des pratiques produites. En effet, ce qui se joue dans un jeu ne peut prendre tout son sens que situé par rapport aux jeux précédents, voir à des groupes de jeux.

Enfin, en se donnant les moyens de confronter nos analyses avec les points de vue interprétatifs des professeurs, à travers les divers entretiens menés avec eux, nous pensons avoir croisé des regards qui au final permettent l'émergence d'une analyse, de la part du chercheur, qui traduit aussi une partie des points de vue intrinsèques ou en tout cas qui les prend en compte. Nous pensons nous être prémunis du risque de surinterprétation en favorisant soit l'un ou l'autre point de vue (celui de l'acteur ou celui du chercheur) ; ce sont tout à la fois les interprétations didactiques et les inférences des déterminations professorales, menées au long de la recherche qui gagnent ainsi en épaisseur et en validité.

Conclusion : des remarques en matière de formation d'enseignants polyvalents

La constitution des pratiques d'un professeur polyvalent est un travail au long cours et les actions de formation en direction d'enseignants polyvalents ne peuvent s'inscrire que dans la durée et dans la cohérence des discours, généraux et disciplinaires, à propos des pratiques dispensés par des formateurs de différents horizons. La constitution progressive des déterminants des pratiques professorales peut prendre ancrage dans des soubassements anciens par exemple au moment où les savoirs eux-mêmes sont acquis par les futurs enseignants. Pour que des enseignants polyvalents mettent en œuvre des pratiques offrant aux élèves la possibilité d'entrer dans une culture scientifique authentique, cela suppose qu'ils se soient appropriés les disciplines qu'ils doivent enseigner ; c'est une condition probablement nécessaire à la mise en œuvre de pratiques favorables à la prise en compte des connaissances des élèves à des fins de modification vers un registre scientifique. On peut dès lors se demander si les formations universitaire et professionnelle, permettent aux futurs enseignants de dépasser une appropriation superficielle des disciplines scientifiques. On peut aussi

s'interroger sur la manière dont est pris en compte le rapport aux savoirs scientifiques des futurs enseignants et sur les dispositifs mis en œuvre pour agir sur celui-ci.

Notre contribution, par ces deux études de cas, à la compréhension de l'intrication des nombreux éléments fondant, à un moment donné, la pratique des maîtres-formateurs amène des remarques en termes de formation. Il semble en effet que la formation par compagnonnage permette indéniablement une certaine formation des futurs enseignants mais ne donne pas à comprendre, par la simple fréquentation de la pratique de ces maîtres-formateurs, les soubassements qui fondent cette pratique et permettent de la comprendre dans toutes ses dimensions. En outre, les déterminants de l'action de ces professeurs (comme d'autres enseignants) relèvent pour une très grande part d'implicite et d'incorporation non conscientisée ; cette dimension « cachée » aux maîtres formateurs eux-mêmes indique l'éventuelle difficulté pour des jeunes en formation à repérer ce qui « fait » la pratique des maîtres-formateurs et à en comprendre tous les aspects.

Bibliographie

Amade-Escot C., Amans-Passaga, C. & Montaud D. (2009). Les savoirs mobilisés dans l'action didactique par les intervenants en activités physiques et sportives : un entrelacs de processus épistémiques et institutionnels. *Sciences de la Société*, 77, p. 43-62.

Amade-Escot, C. (2001). De l'usage des théories de l'enseignant. Questions de l'étude des contrats didactiques en éducation physique. In A. Mercier, G. Lemoyne et A. Rouchier (Éds), *Le génie didactique ; usages et mésusages des théories de l'enseignement*, p. 22-41. Bruxelles: De Boeck université.

Amade-Escot, C., Venturini, P. (2009). Le milieu didactique: d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education et didactique*. (3), 1. p. 7-43.

Artigue, M. (1990). Épistémologie et didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10, (3), p. 241-286.

Astolfi, J.P., Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, p. 103-141.

Bachelard, G. (2004). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Librairie philosophique Vrin. 1^{ère} édition 1938.

Bautier, É., Rayou, P. (2009). *Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : PUF.

Bautier, É., Rochex, J.-Y. (2004). Activité conjointe ne signifie pas significations partagées. *Raisons Éducatives*, 8, p. 199-220.

Bisault, J. (2008). Constituer une communauté scientifique scolaire pour favoriser l'argumentation entre élèves. In C. Buty et C. Plantin (Dir.), *Argumenter en classe de sciences*, p. 153-192. Paris : INRP.

Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2), p. 33-115.

Cariou, J.Y. (2011). Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire. *RDST*, 3, p. 83-106.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspective apportée par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), p. 73-112.

Coquidé M., Fortin C., Rumelhard G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 79, p. 49-77.

Crahay, M., Wanlin, P., Issaieva, É., Laduran, I. (2010). Fonctions, structuration et évolution des croyances (et connaissances) des enseignants. *Revue française de pédagogie*, 172, p. 85-129.

Ducros, B. (1989). Le concept de circulation du sang : productions d'outils didactiques. Thèse non publiée, 2 tomes, université Paris VII.

Fabre, M., Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.

Fillon, P., Peterfalvi, B. (2004). L'argumentation dans l'apprentissage scientifique au collège. *Aster*, 38, 151-184.

Gruson, B., Forest, D., Loquet, M. (2012). *Jeux de savoir. Études de l'action conjointe en didactique*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

Hervé, N. (2012). Analyse de l'action didactique conjointe dans l'enseignement de savoirs établis et de savoirs scientifiquement vifs, épistémologie des enseignants. Thèse de doctorat non publiée. Université de Toulouse II Le Mirail.

Lavarde, A. (1994). Figurabilité dans le domaine de la circulation sanguine. *Didaskalia*, 3, p.79-91.

Lavarde, A. (1992). Contribution à l'étude de la schématisation dans l'enseignement de la circulation sanguine. 2 tomes. Thèse non publiée, Université de Paris VII.

Ledermann, N.G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future
In S.K. Abell et N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, p. 831-880. Mahwah, New Jersey: LEA, London.

Leutenegger, F. (2008). *Didactique comparée et difficultés scolaires*. Carnets des sciences de l'éducation. Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.

Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3^{ème} : problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, p.79-108.

Lhoste, Y. (2008). Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Étude de débats scientifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : nutrition et évolution. Thèse non publiée, Université de Nantes.

Marlot, C. (2009). Glissements de jeux d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeur au CP. *Aster*, 49, p. 109-136.

Marlot, C., Toullec-Théry, M. (2011). Caractérisation didactique des gestes de l'aide ordinaire à l'école élémentaire : une étude comparative de deux cas didactiques limite en mathématiques. *Éducation et didactique*, (5) 3, p. 7-54.

Martinand, J.L. (1985). Sur la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences physiques. *Aster*, 1, p. 141-154.

Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle* (38), 3, p. 69-93.

- Orange, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation: Le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 83-107.
- Pautal, É. (2012). Enseigner et apprendre la circulation du sang : analyse didactique des pratiques conjointes et identification de certains de leurs déterminants. 2 tomes. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II, Toulouse.
- Perrenoud, P. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.
- Perrin-Glorian, M. J. (1994). Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives. In M. Artigue *et al.*, *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Peterfalvi, B. (1997). Les obstacles et leur prise en compte didactique. *Aster*, 24, 3-11.
- Rebière, M., Schneeberger, P., Jaubert, M. (2008). Changer de position énonciative pour construire des objets de savoir en sciences : le rôle de l'argumentation. In C. Buty et C. Plantin (Sous la direction de), *Argumenter en classe de sciences*. Lyon : INRP Collection Didactiques, apprentissages, enseignements.
- Rochex, J.Y., Crinon, J. (2011). *La construction des inégalités scolaires. Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Rumelhard, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster*, 24, p. 13-35.
- Santini, J. (2010). Les systèmes sémiotiques dans l'action conjointe en didactique. Une étude de cas en géologie à l'école élémentaire : la coupe d'un appareil volcanique. *RDST*, 2, p. 159-192.
- Schneeberger, P. (2008). Travail langagier et construction de savoirs en sciences. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 20, p. 89-104.
- Schneeberger P., Vérin A. (Dir.) (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrite en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP Collection Didactiques, apprentissages, enseignements.
- Schneeberger, P., Ponce, C. (2003). Tirer parti des échanges langagiers entre pairs pour construire des apprentissages en sciences. *Aster*, 37, p. 53-82.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G., Mercier, A. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy et A. Mercier (Dir.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, p. 13-49. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

Annexes

Annexe n°1. Vue Interprétative Synoptique de la classe A. (Les jeux modélisés sont notés (j0), (j1), (j2), etc.)

Séance n°1 (62mn) Les représentations préalables	Séance n°2 (79mn) Circulation dans des vaisseaux à sens unique	Séance n°3 (50mn) Relation rythme cardiaque et rythme respiratoire avec l'activité physique. À quoi sert le cœur ?	Séance n°4 (55mn) Dissection d'un cœur	Séance n°5 (44mn) Annotation d'un schéma de cœur	Séance n°6 (89mn) 5 ateliers scientifiques
<p>(j0) Rappels séquences antérieures</p> <p>(j1) Exprimer ses représentations « circulation du sang dans notre corps »</p> <p>(j2) Comparer les représentations en termes de ressemblances et différences</p> <p>(j3) Chercher des moyens de modifier son ROS « circulation du sang dans le corps »</p>	<p>(j0) Rappels de S1</p> <p>(j1) Formuler que le sang circule dans des artères, veines et capillaires</p> <p>(j2) Formuler que le sang circule à sens unique</p> <p>(j3) Prendre des mesures du pouls et de la fréquence respiratoire</p>	<p>(j0) Rappels de S2</p> <p>(j1) Faire des inférences sur la relation entre le nombre de pulsations cardiaques, la fréquence respiratoire et l'effort</p> <p>(j2) Comprendre pourquoi le cœur bat plus vite et on respire plus vite quand on court</p> <p>(j3) Mettre en couleur un schéma de la double circulation sanguine</p>	<p>(j0) Rappel de S3</p> <p>(j1) Comprendre l'organisation du cœur par une dissection</p> <p>(j2) Renseigner une fiche photocopiée</p> <p>(j3) Mutualisation des jeux 1 et 2</p>	<p>(j0) Rappel de S4</p> <p>(j1) Légènder un schéma de cœur</p> <p>(j2) Décrire le cœur ses contacts et le sang y circulant</p>	<p>(j1) Dessiner et légènder un cœur</p> <p>(j2) Formuler à quoi servent les deux parties du cœur</p> <p>(j3) Comprendre le rôle de pompe du cœur à l'aide d'un modèle analogique</p> <p>(j4) Compter les battements cardiaques entendus au stéthoscope</p> <p>(j5) Comprendre une analogie cœur/muscle (53 minutes d'ateliers)</p> <p>(j6) Mutualiser des ateliers scientifiques</p>

Annexe n°2. Vue Interprétative Synoptique de la classe B.

Séance n°1 (62mn) Construction d'un outil de recueil de données	Séance n°2 (91mn) Collecte de données physiologiques et traitement des données	Séance n°3 (87mn) Analyse et traitement des données par un diagramme	Séance n°4 (69mn) Pourquoi le cœur bat-il plus vite quand on fait un effort ?	Séance n°5 (66mn) Liens possibles entre poumons, cœur et muscles	Séance n°6 (53mn) La double circulation sanguine	Séance n°7 (65mn) L'organisation du cœur
(j0) Rappel séquence antérieure (j1) Rechercher une situation de lien entre respiration et circulation (j2) Chercher des moyens de montrer que plus on court, plus on respire vite et le cœur bat vite (j3) Produire un outil de recueil de données physiologiques (j4) Choisir un outil de recueil	(j0) Rappel de S1 (j1) Se mettre d'accord sur les conditions de prises des données physiologiques (j2) Prise des mesures (j3) Mettre en commun les mesures (j4) Traitement des données	(j0) Reprise de S2 et des objectifs de S1 (j1) Critiquer les mesures (j2) Analyser les résultats en regard d'un tableau de référence (j3) Réaliser un diagramme des rythmes respiratoire et cardiaque en fonction de l'effort (j4) Élaborer une trace écrite S1, 2,3	(j0) Rappel de S3 et problématisation (j1) Comprendre 3 documents pour répondre à la question pourquoi le cœur bat-il plus vite lorsque je fais un effort ? (j2) Élaborer ensemble une trace écrite/bilan des acquis	(j0) Rappel de la trace écrite de S4 (j1) Traduire la trace écrite de S4 par un schéma (j2) Élaborer un schéma des liens possibles entre cœur/poumons/muscle (j3) Prendre connaissance d'un schéma général sur la circulation sanguine	(j1) Comprendre le fonctionnement de la circulation sanguine (j2) Élaborer une trace écrite sur la circulation sanguine (j3) Prendre connaissance d'un document sur le cœur	(j0) Rappel de S6 et du document de S6j3 (j1) Comprendre l'organisation du cœur (j2) Observer la dissection du cœur