



HAL
open science

Résolution de défis et pensée informatique : quelle analyse en font les enseignants ?

Béatrice Drot-Delange, Françoise Tort

► To cite this version:

Béatrice Drot-Delange, Françoise Tort. Résolution de défis et pensée informatique : quelle analyse en font les enseignants ?. Jean-Marie Boilevin; Alain Jameau. Après les 10e rencontres scientifiques .. Actualité des recherches en didactique des sciences et des technologies, Editions de l'ARDIST, pp.361-374, 2021, 978-2-9577091-0-6. hal-03781475

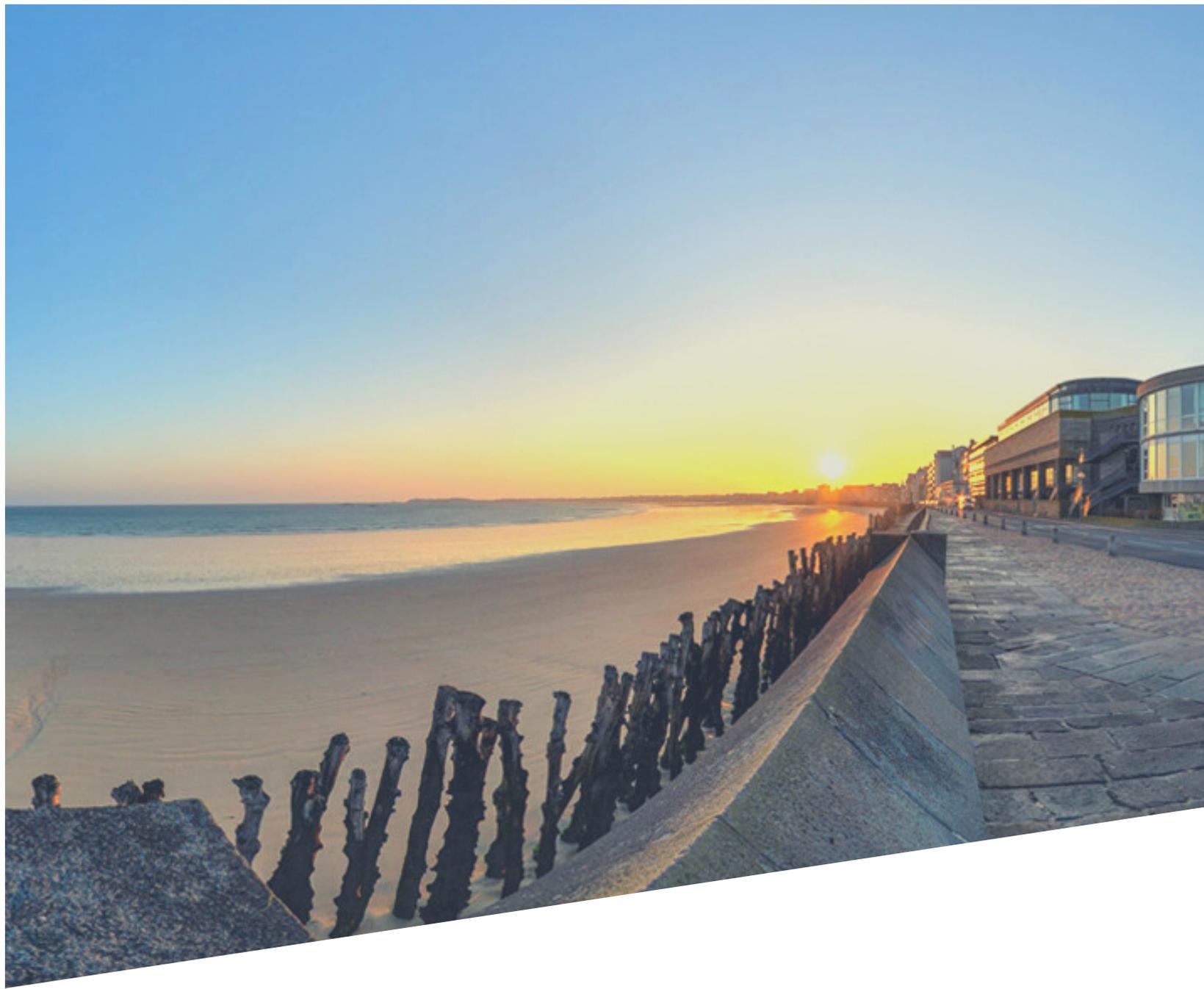
HAL Id: hal-03781475

<https://uca.hal.science/hal-03781475v1>

Submitted on 20 Sep 2022

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.



Après les 10e rencontres scientifiques...

Actualité des recherches en didactique
des sciences et des technologies

Sous la direction de Jean-Marie Boilevin et d'Alain Jameau

Saint-Malo 2018

AR *di* ST

Après les 10e rencontres scientifiques...

**Actualité des recherches en didactique des
sciences et des technologies**

Saint-Malo 2018

Sous la direction de Jean-Marie Boilevin et d'Alain Jameau

© Editions de l'ARDIST
Numéro ISBN : 978-2-9577091-0-6
Numéro EAN : 9782957709106
Année 2021

Ouvrage publié avec le concours du Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD, EA 3875 des universités de Bretagne Occidentale et de Rennes 2).

Préface

En tant que présidente de l'ARDiST, il me revient l'honneur de préfacier cet ouvrage qui est le premier édité par l'association et le second appartenant à la série des ouvrages post-rencontres scientifiques de l'ARDiST. Depuis la création de l'association en 1998¹, les participants aux rencontres scientifiques (la première a eu lieu en 1999) reçoivent les actes regroupant toutes les communications acceptées. Sous la présidence de Jean-Marie Boilevin, le conseil d'administration de l'ARDiST a proposé qu'un ouvrage soit publié à l'issue des rencontres à partir de communications ayant fait l'objet d'une présentation devant les participants aux rencontres. Le premier ouvrage post-rencontres a concerné les rencontres scientifiques de Lens (2016) et est paru à l'automne 2020. Certaines lenteurs ou contraintes ressenties lors de son processus d'édition ont incité le CA à devenir éditeur des ouvrages post-rencontres ultérieurs. Différentes raisons expliquent le choix de créer les éditions de l'ARDiST. Cela permet de s'affranchir de certaines limites ou contraintes éditoriales. Le nombre de pages donc de chapitres et d'auteurs publiés n'est plus restreint. De plus, il est possible d'utiliser de la couleur. Le coût financier est considérablement réduit et quasi-nul. La date de parution est plus aisément maîtrisable. La recherche d'une maison d'édition n'est plus nécessaire et fait gagner un temps précieux qui peut être consacré à la coordination de l'ouvrage lui-même. Cela permet aussi une diffusion large. Cet ouvrage, et ceux qui lui succéderont, est disponible sur le site de l'association, gratuitement téléchargeable et accessible à tout·e chercheur·e, formatrice, formateur, étudiant·e ou personne intéressée par les thèmes travaillés par la recherche francophone en didactique des sciences et des technologies.

¹ Le volume 16 (2010) de la revue SKHOLÈ consacré aux dix ans de l'ARDiST revient sur la naissance de l'association.

Cette décision contribue à remplir de belle façon l'une des missions que l'ARDiST s'est données lors de sa création : contribuer à la diffusion des résultats de recherche auprès des institutions et des professionnels.

Les rencontres scientifiques sont associées au Week-end jeunes chercheurs depuis 2014, leur création revient à l'initiative de Robin Bosdeveix, Suzane El Hage et Alain Jameau. Alain Jameau, dont nous déplorons la disparition, avait conjugué ses efforts avec ses deux collègues pour convaincre le CA d'alors de la nécessité de créer cette manifestation au cours de laquelle deux chercheur·e·s expérimenté·e·s apportent des éclairages méthodologico-théoriques dans une ambiance conviviale. La durée (deux journées) et le format autorisant la participation sans communication offrent une alternative aux jeunes chercheurs pour s'acculturer aux méthodes et aux échanges habituels dans la communauté francophone de recherche en didactique de sciences et des technologies. En effet l'autre manifestation organisée par l'ARDiST à destination des jeunes chercheurs et en alternance tous les deux ans, le séminaire doctorant, obéit à un format classique de communication suivie d'un moment d'échange le tout dans une durée limitée. Ces deux types de manifestations contribuent aux échanges entre les équipes francophones de recherche en didactique, une autre des missions que s'est données l'ARDiST.

Les trois initiateurs du Weekend jeunes chercheurs de 2014 font partie des auteurs de cet ouvrage, constituée d'une introduction et de 24 chapitres, témoignant de la vitalité de la communauté francophone de recherche en didactique des sciences et des technologies.

L'introduction de cet ouvrage, rédigée par Jean-Marie Boilevin et Alain Jameau, fournit un panorama instructif de la variété des thèmes abordées par les communications présentées lors des rencontres 2018. Ils ont repris la catégorisation des communications proposée dans l'introduction du premier ouvrage post-rencontres en l'affinant au besoin. Ils proposent ainsi une photographie de l'actualité 2018 de la recherche francophone en didactique des sciences et des technologies et effectuent une comparaison avec les rencontres 2016 qui permet de noter l'évolution ou la persistance de certaines tendances. Ils amorcent ainsi ce qui pourrait devenir un état des lieux périodique et comparatif, qui d'ores et déjà donne des éléments de discussion et de réflexion au CA, comme le montre également la conclusion de cet ouvrage, pour soutenir les recherches au travers de groupes thématiques. Je les en remercie.

Kermen, Isabelle

LDAR, Université d'Artois, de Cergy-Pontoise, de Paris, de Paris-Est Créteil, de Rouen Normandie – France
Présidente de l'ARDiST

Hommage

Alain Jameau (1964-2020) était Maître de Conférences en didactique de la physique à l'Université de Bretagne Occidentale (INSPE de Bretagne). De 1996 à 1999, il a été professeur de physique et de chimie au lycée ; il s'est engagé dans la formation des professeurs en 1999, d'abord comme formateur à temps partagé puis comme PRAG à partir de 2005. Il s'est alors dirigé vers la recherche en didactique, obtenant un Master de l'ENS Cachan en 2009, puis effectuant une thèse soutenue en 2012 à l'UBO. Recruté en 2015 comme Maître de Conférences à l'UBO (IUFM, ESPE, INSPE), il enseignait en master MEEF 1^o degré et 2^o degré, ainsi que dans le Master « Recherches en Didactique » dont il était co-responsable. Il développait au sein du CREAD des recherches originales centrées sur le développement professionnel des enseignants (professeurs des écoles et enseignants de sciences au second degré) : étude de l'enseignement de la physique-chimie sous l'angle de l'évolution des connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants ; enseignement de la physique-chimie en anglais, comme Discipline Non Linguistique (DNL/CLIL) ; enseignement des sciences à l'aide d'un modèle précurseur à l'école maternelle et primaire.

Alain Jameau a également supervisé 1 thèse de doctorat et il en codirigeait actuellement 2. Auteur d'une trentaine de publications dans des revues scientifiques, des éditions collectives et des actes de conférences, il pilotait le LéA Phanch (Physique-Anglais-Chimie). Il avait contribué à coordonner les travaux du groupe physique-chimie de l'ANR ReVEA et il était membre du comité de direction de la Structure Fédérative de Recherche ViSA.

Membre élu du CNU 28, il était également impliqué au sein du CA de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies. Il était également représentant des personnels au Conseil l'INSPE de Bretagne et membre du Conseil d'unité du CREAD. Par ailleurs, il développait des relations avec des équipes de recherche internationales (Université de Patras, Grèce ; Université de Sherbrooke, Québec).

Alain Jameau était connu de tous pour ses grandes qualités humaines : sa gentillesse, sa simplicité, son sens de l'humour, sa convivialité manqueront à tous les collègues ayant eu la chance de le côtoyer et à tous les étudiants pour qui il était toujours disponible. Ces dernières années durant sa lutte contre la maladie il restait tourné vers des projets d'avenir, en particulier la soutenance d'une habilitation à diriger des recherches. Il était parvenu à écrire sa note de synthèse, intitulée « Un cadre didactique d'analyse de l'activité d'enseignement de la physique / Mise en relation d'éléments théoriques et méthodologiques en didactique de la physique et en didactique professionnelle ». Celle-ci présente ses travaux qui visent à comprendre comment les connaissances professionnelles des enseignants s'expriment dans l'action de la classe pour permettre des apprentissages en physique. Les trois rapports de pré-soutenance soulignaient unanimement la qualité et la cohérence de ses travaux. La soutenance s'est tenue le 8 janvier 2021 et le jury a eu la tristesse de lui décerner l'habilitation à diriger des recherches à titre posthume.

Alain
Jameau

1964 -
2020



Alain Jameau avait activement participé à la préparation des Rencontres scientifiques de l'ARDiST de 2018 dont il avait assuré la présidence du Comité d'organisation. Et il travaillait encore avec enthousiasme à la préparation du présent ouvrage pendant l'année 2020.

Sommaire

Préface	5
Hommage	7
Introduction	11
Première partie – Apprentissage de savoirs scientifiques en classe.....	29
Étude expérimentale de l'efficacité de l'utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement sur l'énergie au cycle 3.....	31
Problématisation et malentendus scolaires : étude d'une séquence forcée sur la respiration au cycle 3.....	49
Conceptualisation du vivant dans le cadre d'une démarche d'investigation scientifique chez de jeunes élèves du cycle 1 primaire : le rôle de l'habillage de la situation	65
Pensée critique dans l'enseignement des sciences du vivant	85
Conceptions du cycle de vie des plantes à fleurs – analyse croisée entre les conceptions historiques et actuelles des élèves français et allemands	101
Représentations d'étudiants tunisiens de Master sur la notion de mort en lien avec le don d'organes	119
Science, art, philosophie <i>Étude exploratoire sur les représentations d'étudiants scientifiques de la spécificité des connaissances de différents domaines</i>	135
Deuxième partie – Langage et appropriation des savoirs scientifiques	151
Concepts scientifiques et langage : un regard sur la polysémie <i>Une étude en biologie et chimie</i>	153
Évolution des postures des élèves et construction d'une communauté discursive disciplinaire scolaire en sciences <i>Étude longitudinale à l'entrée de l'école élémentaire</i>	165
Problématiser des questions socialement vives environnementales <i>Analyse d'interactions discursives</i>	181

Argumentation et éducation scientifique à l'école maternelle : quelles médiations langagières ?	201
Comment des élèves de lycée argumentent avec la plateforme LabNbook dans une situation de résolution de problème en immunologie.....	217
Enseigner et apprendre la physique-chimie en anglais : l'expérience de Rutherford au lycée.....	235
Troisième partie – Pratique enseignante en classe et hors classe	247
Le cadre théorique de l'ETM étendu : analyse d'une séquence utilisant la relativité restreinte	249
Cadre d'analyse du savoir en chimie : mise à l'épreuve sur l'analyse de séances de classe.....	269
Étude des pratiques enseignantes déclarées en contexte de sciences participatives « Vigie-Nature École »	285
La pratique du questionnement dans l'enseignement de la physique dans le secondaire	301
Étude comparée de pratiques enseignantes favorisant la problématisation dans une classe de cinquième sur la circulation sanguine via l'histoire des sciences.....	317
Une étude de la continuité entre pratiques didactiques et pratiques de connaisseurs <i>Le cas du diabète sucré dans la formation des diététiciens en France et au Maroc</i>	333
Quatrième partie – Formation et développement professionnel des enseignants	347
Étude de l'adhésion à des normes professionnelles relatives à la démarche d'investigation chez les enseignant-e-s suisses	349
Résolution de défis et pensée informatique : quelle analyse en font les enseignants ?.	361
Amorce du développement professionnel de futurs enseignants par leur participation à une communauté d'apprentissage en éveil scientifique	375
Les activités collaboratives dans la conception d'enseignement	389
Relation entre les activités de recherche et d'enseignement des enseignants-chercheurs en physique <i>Une entrée par l'usage des ressources</i>	407
Conclusion.....	425
Index des auteurs	429

Introduction

Boilevin, Jean-Marie⁽¹⁾, Jameau, Alain⁽¹⁾

⁽¹⁾ Univ Brest, Univ Rennes, CREAD, F-29200 Brest, France

Cet ouvrage rassemble 24 chapitres issus de communications aux dixièmes rencontres scientifiques de l'ARDiST qui se sont déroulées au palais des congrès « Le grand large » de Saint-Malo du mardi 27 mars au vendredi 30 mars 2018¹. Ces rencontres scientifiques ont lieu tous les deux ans depuis 1999 et sont organisées par une équipe de recherche, avec le soutien de l'association et de divers partenaires. Depuis 2016, le conseil d'administration de l'ARDiST souhaite qu'un ouvrage soit publié à l'issue de ces rencontres qui comportent toujours des actes, élaborés avant la tenue du colloque, disponibles en ligne². Cette introduction vise à présenter les caractéristiques des rencontres scientifiques 2018 et à préciser la manière dont l'ouvrage a été constitué.

Les rencontres scientifiques 2018

L'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies (ARDiST) organise, conformément aux missions qu'elle s'est données, des rencontres scientifiques tous les deux ans. Nous voudrions souligner l'importance de ces rencontres bisannuelles dans la vie scientifique de l'ARDiST et insister sur l'échéance particulière que constituait les 10èmes rencontres scientifiques puisque l'association y fêtait ses 20 ans. Ces rencontres constituent un moment d'échanges entre les chercheur·e·s en didactiques des disciplines scientifiques et technologiques. Les thèmes abordés concernent les enjeux scientifiques et sociétaux de ces recherches, leurs problématiques, leurs méthodes et leurs résultats. Ces rencontres de l'ARDiST abordent également des questions essentielles d'épistémologie de la recherche, si urgentes aujourd'hui. Elles sont également l'occasion de présenter des contributions de recherches de champs proches, et de développer ainsi un

¹ <https://ardist2018.sciencesconf.org/>

² <http://www.ardist.org/>

dialogue avec des didactiques d'autres disciplines. Elles ont par ailleurs vocation à accueillir non seulement tous les acteurs et toutes les actrices de la recherche mais aussi tous ceux et toutes celles qui voient, dans la recherche en didactique des sciences et des technologies (professeur·e·s, formateurs et formatrices, responsables institutionnels, étudiants) des opportunités de réflexion, des idées pour l'enseignement et la formation. Plus généralement, elles peuvent concerner celles et ceux qui pensent que la science, et en particulier la recherche en didactique des sciences et des technologies, peut aider à comprendre les processus d'enseignement et d'apprentissage, et aussi à les transformer grâce à cette meilleure compréhension.

Organisation des rencontres

L'organisation des rencontres de 2018 a été confiée par l'assemblée générale de l'ARDiST au Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD, EA 3875 des universités de Bretagne Occidentale et de Rennes 2), unité de recherche en sciences de l'éducation et de la formation. À la suite de l'AG de l'association en mars 2017, le conseil d'administration de l'ARDiST et les comités scientifique et d'organisation ont travaillé en étroite collaboration en prenant en compte notamment l'allongement d'une journée de la durée des rencontres pour fêter les 20 ans de l'association. Le comité scientifique des rencontres, présidé par Gérard Sensevy (professeur en sciences de l'éducation, CREAD UBO), n'avait pas formulé d'appel à communication portant sur un ou des thèmes donnés, conformément à la tradition des rencontres qui veulent plutôt rendre compte de l'actualité de la recherche.

Ces dixièmes rencontres ont accueilli environ 150 participants de onze nationalités différentes. De plus, étaient présents à certaines journées des étudiants (une soixante en tout) dans le cadre de l'UE initiation à la recherche du master MEEF (1^o degré ; 2^o degré physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre) proposé par l'ESPÉ de Bretagne.

Le programme était structuré autour de 57 communications regroupées en dix-sept sessions, une session de posters, sept symposia (comprenant 27 communications), trois tables rondes, et trois conférences plénières. Il faut noter de plus qu'un atelier était consacré à la préparation de l'Habilitation à diriger des recherches.

Les rencontres se sont ouvertes par une conférence plénière de Ilka Parchmann, professeure en didactique de la chimie à l'université de Kiel (Allemagne), intitulée « How to engage students in and for science? Perspectives for school and out-of school learning ». Soulignons qu'il s'agissait ici de la première fois où une conférence inaugurale de

l'ARDiST était donnée en anglais, témoignant ainsi de la volonté d'ouverture de notre association. Le deuxième jour, c'est Ghislaine Gueudet, professeure en didactique des mathématiques au CREAD UBO, qui prononçait une conférence, intitulée « Conceptions et usages de ressources par les enseignants ». Enfin, le lendemain, Richard Wittorski, professeur en sciences de l'éducation à l'université de Rouen Normandie, proposait la troisième conférence du colloque, intitulée « La professionnalité enseignante ».

En 2018, les rencontres de l'ARDiST se distinguaient aussi par la proposition de trois tables rondes. Anniversaire oblige, une première table ronde, consacrée aux 20 ans de l'association, s'est tenue en fin de première journée. Elle proposait un bilan des activités de l'association, avec l'actuel et les ancien·n·e·s présidents et présidentes de l'ARDiST : Jean-Marie Boilevin, Pascale Brandt-Pomares, Michel Caillot, Laurence Maurines, Christian Orange, Patricia Schneeberger. La deuxième table ronde s'est déroulée le troisième jour et a été l'occasion d'un bilan sur 20 ans de recherche francophone en didactique des sciences et des technologies. Elle regroupait Catherine Reverdy, Andrée Tiberghien, Joël Lebeaume, Christian Orange. Enfin, une troisième table ronde a abordé, le dernier jour, les perspectives de recherche dans les didactiques avec des intervenants représentant différentes associations de didactique : Yann Lhoste (ARDiST), Corinne Marlot (ARCD), et Gérard Sensevy (ARDM).

Les sept symposiums portaient respectivement sur « Modèle précurseur. Un cadre pour étudier l'enseignement-apprentissage des sciences à l'école maternelle » (coord. A. Delsérieys), « Éducation scientifique et technologique à l'école maternelle. Un panorama des recherches en didactique des sciences et des technologies » (coord. F. Charles), « Les représentations du savoir scientifique et de ses modalités d'élaboration dans l'enseignement. Approches théoriques et méthodologiques » (coord. L. Maurines), « Construction du rapport au vivant en milieu scolaire » (coord. C. Simard), « Pensée critique et réflexion éthique dans l'enseignement des sciences du vivant » (coord. C. Fortin), « Formes de récit et mise en récit de la science. Potentialités et limites didactiques » (coord. C. Bruguière) et « Biologie des plantes : approches didactiques franco-allemandes » (coord. J. Quinte).

Les thèmes abordés concernaient des questions autour de l'éducation scientifique et technologique dès le plus jeune âge (2 symposia concernant l'école maternelle), d'épistémologie (représentation de la nature de la science, représentation du savoir scientifique à l'aide de récit), d'éthique (enseignement du vivant). De plus, 2 symposia proposaient un dialogue entre approches internationales autour de questions

d'enseignements de biologie. Les autres communications traitaient, quant à elles, de questions très variées comme le montre une lecture des actes des Rencontres.

Nous avons choisi de décrire l'ensemble des 83 contributions (communications au sein des symposia ou communications en sessions) en reprenant la catégorisation proposée par Isabelle Kermen (Kermen, 2020) dans l'ouvrage publié à l'issue des 9èmes Rencontres de l'ARDiST de 2016. Les communications sont ainsi classées selon : le sujet principal de la recherche (Tableau n°1) ; le savoir disciplinaire sur lequel elles portent (Tableau n°2) ; le secteur éducatif concerné (Tableau n°) ; le pays dans lequel les données analysées ont été recueillies (Tableau n°). Une comparaison entre les données des tableaux 2016 et 2018 nous permettra, de plus, de repérer les orientations invariantes ou de suivre les éventuelles évolutions qui caractérisent les Rencontres scientifiques de l'ARDiST.

Objet principal de la recherche

Les recherches en didactique de disciplines s'articulent toujours autour de trois principaux éléments : des savoirs en jeu (scientifiques ou technologiques dans notre cas) ; des apprenants (élèves ou étudiants ou enseignants en formation) ; des enseignants (de disciplines scientifiques ou technologiques) ou des formateurs, ou bien encore des médiateurs scientifiques ou des professionnels. Mais le plus souvent, les recherches mettent l'accent sur un de ces trois éléments, les deux autres occupant une place mineure ou étant carrément absents. À la suite de Kermen, nous avons choisi de caractériser les différentes contributions en indiquant l'élément principal sur lequel porte la recherche mentionnée dans la communication : le savoir, les apprenants, les enseignants ou les professionnels (Tableau n°1). Les communications classées dans la catégorie « apprenants » concernent des études centrées sur les élèves (de la maternelle au secondaire), étudiants (enseignement supérieur) ou des élèves-professeurs (Institut de formation des maîtres). La catégorie « savoir » regroupe des études centrées sur des analyses du savoir scientifique ou technologique à différentes étapes de la transposition didactique telles que les instructions officielles (programmes scolaires) ou des manuels scolaires. Une autre catégorie est constituée des études portant principalement sur les enseignants (enseignants du primaire, secondaire, supérieur ou bien encore formateurs) et leur activité en classe ou hors la classe. La catégorie « professionnels » regroupe, quant à elle, des personnes dont la profession n'est pas l'enseignement. C'est ainsi le cas d'un médiateur scientifique, de doctorants interrogés sur leurs démarches de recherche au laboratoire ou bien encore de diététiciens. Enfin, nous avons créé une nouvelle catégorie

« double objet » car certaines communications concernent des études abordant les interactions entre deux éléments. C'est par exemple le cas des analyses de situations de classe où sont étudiés les échanges entre apprenants et leur enseignant ou bien des analyses des interactions entre un enseignant et différentes ressources dans la préparation de son enseignement. C'est également le cas d'une étude comparant les savoirs mis en œuvre par un enseignant et ceux d'un professionnel.

Objet principal	Apprenants(s)	Enseignant(s)	Savoir	Professionnel(s)	Double objet
Nombre de communications (N=83)	41	22	7	3	10
Pourcentage	50 %	25,5 %	8,5 %	4 %	12 %

Tableau n°1 : Répartition des communications selon l'objet principal de la recherche

Le tableau n°1 montre que près la moitié des études ont pour objet principal les apprenants (50%), plus d'un quart les enseignants (25,5%) et quelques-unes concernent uniquement le texte du savoir (8,5%) ou bien des professionnels (4%). Une comparaison avec les valeurs du tableau 1 de 2016 montre une répartition sensiblement équivalente. Seule la catégorie « enseignants » apparaît moins présente en 2018 (25,5% contre 35%). Mais si l'on ajoute les 12% de « double sujet », on retrouve quasiment le même pourcentage qu'en 2016.

Il semble que donc la répartition des communications selon l'objet principal de la recherche soit la même pour les Rencontres scientifiques de 2016 et de 2018.

Savoir disciplinaire concerné

A l'instar de Kermen (2020) et de Dupin (2010), nous avons distingué quatre groupes de disciplines: les sciences et la technologie à l'école primaire (Sc&T) ; les disciplines technologiques comprenant la technologie enseignée au collège, les disciplines technologiques enseignées au lycée et dans le supérieur ainsi que l'informatique (Disc. Techno.) ; les sciences de la vie et de la Terre comprenant la biologie et la géologie enseignées dans le secondaire et le supérieur (SVT) ; la physique et la chimie enseignées dans ces mêmes secteurs éducatifs (PC). Comme pour les rencontres de 2016 (Kermen, 2020), nous avons ajouté une cinquième catégorie, dite mixte, car certaines communications s'intéressent à des éléments de savoir relevant des plusieurs groupes disciplinaires (SVT et PC, Sc&T et mathématiques, questions socialement vives ou socio-scientifiques).

Discipline	Sc&T	Disc. Techno.	SVT	PC	Mixte
Nombre de communications (N=83)	23	2	17	27	14
Pourcentage	27,5 %	2,5 %	20,5 %	32,5 %	17 %

Tableau n°2 : Répartition des communications selon les disciplines abordées

Les communications portant sur la discipline physique-chimie sont les plus nombreuses (32,5%) devant celles relevant des disciplines scientifiques et technologiques de l'école primaire (27,5%) et celles des sciences de la vie et de la Terre (20,5%). Les communications traitant de plusieurs disciplines scolaires représentent un nombre relativement important (17%) alors que celles portant sur les disciplines technologiques sont en nombre extrêmement faible. Une comparaison avec les valeurs du tableau 2 de 2016 montre une répartition légèrement différente. Certes, la discipline PC est toujours la plus représentée (32,5% contre 35,5% en 2016) mais les disciplines Sc&T et SVT apparaissent plus présentes en 2018 (respectivement 27,5% contre 24,7% et 20,5% contre 18,5%). De même, la catégorie mixte apparaît plus présente en 2018 (17% contre 10,5%). Enfin, les disciplines technologiques ne représentent plus en 2018 qu'une infime partie des contributions.

Cependant, un certain nombre de communications concernant l'enseignement primaire concerne des savoirs rattachés explicitement à une discipline scientifique. C'est le cas des SVT (par ex. la pensée populationnelle, le vivant) et de la physique-chimie (par ex. les changements d'état de l'eau, la lumière, les ombres). Du coup, une autre lecture est possible comme le montre le tableau 2 bis. Les communications portant sur la discipline physique-chimie sont toujours les plus nombreuses (37%) mais cette fois-ci devant celles des sciences de la vie et de la Terre (27,5%) et celles relevant des disciplines scientifiques et technologiques de l'école primaire (16%). La comparaison avec les valeurs du tableau 2 de 2016 montre une répartition sensiblement différente. Certes, la discipline PC est toujours la plus représentée mais la discipline Sc&T apparaît alors moins présente en 2018 (16% contre 24,5%) alors que la discipline SVT figure en plus grand nombre en 2018 (27,5% contre 18,5%). Les valeurs concernant la catégorie « mixte » et les disciplines technologiques ne sont pas modifiées.

Discipline	Sc&T	Disc. Techno.	SVT	PC	Mixte
Nombre de communications (N=83)	13	2	23	31	14
Pourcentage	16 %	2,5 %	27,5 %	37 %	17 %

Tableau n°2 bis : Répartition des communications selon les disciplines abordées

Finally, it turns out to be difficult to identify a trend regarding the distribution of communications according to the disciplines addressed by comparing only the data from the 9th and 10th scientific meetings of the ARDiST. It would seem that the scientific and technological disciplines taught in primary are becoming more and more concerned. But it is above all the quasi-disappearance of technological disciplines in the communications presented in 2016 and in 2018 that should, in our view, challenge the association and the community of didacticists of sciences and technologies.

Secteur éducatif concerné

As Kermen (2020) suggests, the level of teaching concerned by the communications is a complementary element to the distribution according to the disciplinary nature to characterize the studies presented during the meetings. But in the case of the 2018 meetings, it appears that a non-negligible number of communications concern several educational sectors. We have therefore constructed table 3 around 5 educational sectors, by adding the category « mixte » to the proposal of Kermen. This last category concerns the most often the studies crossing data in primary and in secondary. However, two of them are based on data, concerning the secondary, collected in class and respectively in museum and in workshop outside school hours.

Secteur éducatif	Primaire	Secondaire	Supérieur	Hors milieu scolaire	Mixte
Nombre de communications (N=83)	21	36	15	0	11
Pourcentage	25 %	43,5 %	18 %	0	13,5 %

Tableau n°3 : Répartition des communications selon le secteur éducatif concerné

Table 1 shows that a little less than half of the studies (43,5%) concern the secondary sector, with a preponderance for the high school level (20 out of 36). The primary sector represents, as for itself, a quarter of the communications with a non-negligible part reserved specifically for the nursery school (8 out of 21). The communications

concernent dans une moindre mesure l'enseignement supérieur, qu'il s'agisse de l'enseignement général (licence) ou les masters spécialisés dans la préparation aux métiers de l'enseignement mais également les enseignants-chercheurs ou bien encore le secteur professionnel.

Une comparaison avec les valeurs du tableau 3 de 2016 montre une répartition sensiblement équivalente pour les secteurs du primaire, du secondaire et du supérieur. En revanche, la catégorie « hors milieu scolaire » disparaît totalement en 2018 même si elle se retrouve, mais de manière presque anecdotique, dans la nouvelle catégorie « mixte ». Ajoutons qu'une fois encore, aucune communication ne porte sur le lycée professionnel, qui reste une zone d'ombre des recherches en didactique des sciences et des technologies comme le souligne Kermen (2020) et comme le signalait déjà Dupin (2010) lors d'une présentation à l'occasion d'une Journée scientifique consacrée aux dix premières années d'existence de l'ARDiST.

Il semble que donc la répartition des communications selon le secteur éducatif concerné par la recherche soit la même pour les Rencontres scientifiques de 2016 et de 2018, même si l'on note une tendance au développement de travaux croisant plusieurs secteurs

Pays où a lieu la recherche

La dernière classification, totalement indépendante des trois autres, concerne le pays dans lequel les données objet de la recherche ont été collectées. Le tableau 4 montre qu'une très grande majorité des communications concerne des études menées en France (70%). Cependant, une comparaison avec le tableau 4 établi par Kermen (2020) montre que le caractère international des rencontres scientifiques de l'ARDiST est avéré. Certains pays francophones sont toujours présents comme la Belgique, le Québec, la Suisse et la Tunisie. Mais on remarque surtout une part non négligeable de communications (10%) reposant sur des données recueillies en France et dans un autre pays, le plus souvent non francophone (Allemagne, Angleterre, Australie, Grèce, Maroc, Nouvelle-Zélande, Roumanie), pour proposer des études comparatives. Cette perspective semble tout à fait intéressante pour travailler des problématiques communes et mériteraient certainement d'être encouragées par l'ARDiST. Les prochaines rencontres montreront si cette tendance se confirme.

Pays	Allemagne	Belgique	France	Grèce	Liban	Québec	Suisse	Tunisie	Mixte
Nombre de communications (N=83)	1	5	58	1	1	2	4	3	8
Pourcentage			70 %				5 %	3,5 %	10 %

Tableau n°4 : Répartition des communications selon le pays d'origine des données

Constitution de l'ouvrage

Après la tenue des rencontres scientifiques à Saint Malo, un appel à contribution a été lancé auprès des auteurs de communication et des conférenciers afin de déterminer qui souhaitait proposer un chapitre écrit à partir du texte accepté pour les rencontres afin de constituer un ouvrage. À la clôture de cet appel à contribution, 32 auteurs (ou groupes d'auteurs) avaient manifesté leur intention de produire un chapitre pour une date fixée à l'automne. Comme pour l'ouvrage issu des rencontres de Lens (Kermen, 2020), l'évaluation des 29 propositions finalement reçues (plusieurs auteurs s'étant désistés) a été réalisé par deux lecteurs, choisis parmi les auteurs d'un chapitre ou parmi les membres du comité scientifique. À l'issue de ce processus, qui a donné lieu à des navettes entre lecteurs et auteurs à des fins d'amélioration scientifique et stylistique, 24 chapitres ont été retenus rassemblant une cinquantaine d'auteurs.

Si nous analysons ces 24 contributions à l'aide de la classification des communications utilisée auparavant, nous constatons que :

- l'objet principal de la recherche concerne les apprenants (11 chapitres), les enseignants (8 chapitres), un double objet (4 chapitres) et le savoir (1 chapitre). Nous retrouvons pratiquement la répartition présentée dans le tableau 1 mais la catégorie « professionnel » se retrouve absente de l'ouvrage ;
- les savoirs disciplinaires abordés dans les différents chapitres concernent les sciences de la vie et de la Terre (7 chapitres), la physique-chimie (5 chapitres), les sciences et la technologie à l'école primaire (5 chapitres), plusieurs disciplines (5 chapitres) et les disciplines technologiques (2 chapitres). Nous ne retrouvons pas ici la répartition évoquée dans le tableau 2. Les sciences de la vie et de la Terre apparaissent sur-représentées par rapport à la physique-chimie et aux sciences et technologie à l'école primaire. Notons, de plus, que les disciplines technologiques

qui n'avaient donné lieu qu'à 2 communications sont intégralement représentées dans l'ouvrage ;

- le secteur éducatif concerné par les recherches présentées concerne l'enseignement secondaire (12 chapitres), l'enseignement primaire (5 chapitres), l'enseignement supérieur (4 chapitres) et plusieurs secteurs (3 chapitres). Nous retrouvons ici pratiquement la même répartition que celle établie dans le tableau 3 ;
- les recherches ont lieu dans des pays très variés (Belgique, Québec, Suisse, Tunisie) mais la France est la plus concernée (17 chapitres). Ajoutons que 2 chapitres s'appuient sur des données collectées dans 2 pays (Allemagne et France, France et Maroc). Nous retrouvons pratiquement la répartition présentée dans le tableau 4.

Finalement, les chapitres figurant dans l'ouvrage sont tout à fait représentatifs des objets de recherche, des savoirs disciplinaires comme des secteurs éducatifs et des pays concernés relevés lors des 10èmes rencontres de Saint Malo.

Structure de l'ouvrage

Nous avons conçu la structure de l'ouvrage avant l'appel à contribution. Pour cela, nous avons analysé l'ensemble des mots-clés caractérisant les 83 communications présentes dans les actes des rencontres. Cette analyse lexicale nous a permis de distinguer 5 thèmes que les auteurs potentiels étaient incités à choisir pour situer leur contribution :

- Apprentissage de savoirs scientifiques en classe
- Langage et appropriation des savoirs
- Pratique enseignante en classe et hors classe
- Formation des enseignants – Enseignants débutants – Développement professionnel
- Enseignement et apprentissages dans le supérieur

À l'issue du processus global, nous avons légèrement modifié cette structure pour tenir compte des chapitres effectivement parvenus et retenus après l'expertise interne. Finalement, l'ouvrage comporte quatre parties regroupées autour des 4 thèmes suivant :

- 1) Apprentissage de savoirs scientifiques en classe
- 2) Langage et appropriation des savoirs scientifiques

- 3) Pratique enseignante en classe et hors classe
- 4) Formation et développement professionnel des enseignants

Première partie

La première partie s'organise autour de sept chapitres traitant de questions d'apprentissage de savoirs scientifiques en classe. Trois chapitres abordent cette question au niveau de l'enseignement primaire. Le chapitre 1 vise à observer l'effet de l'utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement sur les apprentissages des élèves de CM1 (cycle 3) concernant un modèle de chaîne énergétique. En s'appuyant sur la théorie de l'activité et en développant une méthode de type expérimental, les auteurs montrent, à l'aide de questionnaires administrés avant et après enseignement que les élèves du groupe biotique progressent plus à l'issue de l'enseignement que ceux du groupe domestique sur l'ensemble des systèmes (biotiques et domestiques) du questionnaire. Les auteurs du chapitre 2 cherchent à identifier les malentendus éventuels ou les inégalités d'apprentissage qui pourrait être générés par les dispositifs de type séquence forcée mis en place dans les travaux sur les apprentissages par problématisation. Pour cela, ils analysent quatre entretiens individuels d'élèves effectués à la suite d'une séquence forcée sur la respiration au cycle 3. Les résultats obtenus permettent de repérer certains malentendus sociocognitifs. Le chapitre 3 interroge, quant à lui, le rôle de l'habillage de la situation dans le cadre d'un enseignement de type investigation scientifique portant sur le concept de vivant au cycle 1 primaire en Suisse romande. L'analyse comparative des pratiques de deux enseignantes aux trois échelles du temps didactique (micro, méso, macro) met en évidence que l'habillage d'une situation en sciences est une variable didactique importante à considérer pour assurer une articulation nécessaire entre la problématisation et la conceptualisation des apprentissages scientifiques.

Deux autres chapitres proposent des études reposant sur des données prises dans des pays différents. Ainsi, le chapitre 4, issu d'un symposium organisé par le groupe franco-québécois « Enseignement du Vivant Et Recherche En Sciences et Technologie » (EVEREST), propose de questionner des enjeux épistémologiques et didactiques dans le cadre d'une éducation au vivant qui favoriserait de la « pensée critique » dans l'enseignement des sciences du vivant. Trois études présentées dans ce chapitre questionnent respectivement : le statut épistémologique du vivant dans les nouveaux curriculums de biologie en France pour la scolarité obligatoire ; la prise en charge par les

enseignants de biologie d'enjeux entourant le vivant pour développer la pensée critique chez des élèves au Collège d'enseignement général et professionnel au Québec ; l'intégration des dimensions socioéthiques liées aux technosciences dans les habitus d'enseignement des professeurs de biologie en France. De son côté, le chapitre 5 présente les résultats d'une étude franco-allemande sur le concept de cycle de vie. Cette approche comparatiste permet d'identifier et de questionner les similitudes et les différences d'approches et de conceptions relatives au cycle de vie des plantes à fleurs en France et en Allemagne.

Les deux derniers chapitres de cette première partie portent sur le secteur de l'enseignement supérieur. Le chapitre 6 s'intéresse aux représentations d'étudiants tunisiens concernant la notion de mort, associée au don d'organe. Les résultats d'une enquête par questionnaire auprès d'une vingtaine d'étudiants en master de biologie moléculaire et santé montrent qu'une majorité d'entre eux s'opposent au don d'organe. L'auteur questionne ainsi la représentation sociale de la notion de mort et discute de l'opposition, chez ces étudiants, au don d'organes *post mortem*. Enfin, les auteures du chapitre 7 explorent l'image qu'ont les étudiants, entrant en première année d'études scientifiques à l'université, de la connaissance scientifique abordée comparativement aux connaissances de deux domaines de la connaissance connus pour être parfois perçus comme en opposition/contradiction à la science : l'art et la philosophie. L'analyse de contenu de 303 verbatims fournis par les étudiants pour justifier leur position relative aux types de mise en relation de ces trois domaines de connaissance montre que les dimensions mobilisées par les étudiants pour argumenter varient en fonction de leur positionnement et de leur filière.

Deuxième partie

La deuxième partie regroupe six chapitres centrés sur le rôle du langage dans l'appropriation des savoirs scientifiques. Dans le chapitre 8, les auteurs étudient la relation complexe entre les concepts scientifiques et les mots pour les nommer dans les disciplines biologie et chimie, à travers les instructions officielles de l'enseignement secondaire et les manuels scolaires en France. Les résultats de l'analyse concernant les exemples du langage symbolique en chimie et de la classification des végétaux en biologie montrent que le caractère polysémique des signifiants est, soit passé sous silence, soit reste implicite dans les programmes comme dans les ouvrages scolaires. Selon les auteurs, l'importance d'une prise de recul épistémologique face à cette polysémie devrait faire l'objet d'un véritable

enjeu pour l'enseignement et la formation des enseignant.e.s. Le chapitre 9 s'intéresse à la construction des postures des élèves en classe de sciences et à leur évolution de l'école maternelle (GS, 5 ans) jusqu'au cours élémentaire (CE1, 7 ans) via le cours préparatoire (CP, 6 ans), dans le cadre de pratiques enseignantes ordinaires. A l'aide d'entretiens avec les élèves et leurs enseignants, les auteurs cherchent à appréhender l'évolution des représentations de ce que signifie faire/apprendre les sciences au début de l'enseignement élémentaire. Les résultats présentés semblent indiquer que la manière dont se spécifie disciplinairement la communauté discursive scolaire, construite à l'entrée de l'école élémentaire, semble encore peu orientée vers une acculturation aux sciences et à la construction de savoirs scientifiques.

Le chapitre 10 présente, quant à lui, un cadre d'analyse des interactions socio-discursives prenant place dans un dispositif de construction collaborative d'îlots de rationalité à propos de Questions Socialement Vives Environnementales (QSVE). Les analyses portent sur les interactions de huit groupes d'étudiants français et australiens, en second cycle d'enseignement supérieur, s'emparant de deux QSVE, l'une locale (l'approvisionnement en eau potable d'une ville côtière par une centrale de dessalement d'eau de mer), l'autre globale (la consommation de viande à l'échelle planétaire à l'horizon 2050). Les auteurs discutent des implications des résultats obtenus en termes de points de vigilance à considérer dans l'approche de la problématisation de controverses socioscientifiques dans l'enseignement des sciences.

Les chapitres 11 et 12 abordent tous les deux la question de l'argumentation mais dans des contextes très différents. Dans le chapitre 11, l'auteure analyse les caractéristiques d'un écrit pivot, appelé « écrit de positionnement », pour amener des élèves de maternelle (MS et GS) à adopter une posture argumentative lors d'une séquence de résolution de problème. Dans l'étude présentée, il s'agit pour les élèves d'identifier et de justifier les raisons qui font que l'eau de la rivière se déplace. De plus, l'analyse montre que la posture particulière de l'enseignante, très expérimentée par ailleurs, permet de développer une médiation didactique favorable. L'objectif de l'étude présentée dans le chapitre 12 est de comprendre comment des lycéens français et des étudiants brésiliens de premier cycle médical produisent des arguments pour interpréter des données expérimentales. Cette étude est décomposée en trois phases : la conception d'une situation d'apprentissage en immunologie et son implémentation sur la plateforme LabNbook ; le test des situations dans deux classes de lycée et à l'université ; l'analyse des arguments rédigés par les élèves et étudiants lors des différentes étapes de résolution du problème. Les auteurs discutent les

résultats de l'étude qui montrent que l'activité proposée dans deux modalités, papier-crayon et numérique, a favorisé la production d'arguments par les élèves et les étudiants.

La deuxième partie se termine par le chapitre 13 qui examine comment une professeure de physique-chimie, en lycée, enseigne l'atome en anglais, en classe européenne (CLIL). Les auteurs, à l'aide d'une observation de classe et d'entretiens avec l'enseignante, se concentrent particulièrement sur la façon dont elle fait travailler ses élèves sur les connaissances à la fois scientifiques et linguistiques, et sur la manière dont l'étude de ces savoirs progresse simultanément (ou non) dans le temps.

Troisième partie

La troisième partie comporte six chapitres qui étudient particulièrement les pratiques enseignantes en classe et hors classe. Dans le chapitre 14, l'auteur montre comment le cadre théorique de « l'espace de travail mathématiques étendu » (ETM étendu) peut être utilisé pour analyser les tâches mises en œuvre lors du processus de modélisation. En étudiant le travail d'un élève de terminale scientifique (17-18 ans) lors d'une séquence traitant de la relativité restreinte via une approche géométrique, il montre comment le cadre de l'ETM étendu permet, d'une part, d'analyser les jeux de cadres de rationalité entre les mathématiques et la physique, et d'autre part, d'analyser dans quelle mesure l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique favorise une conceptualisation chez les élèves. Le chapitre 15, de son côté, présente un cadre didactique d'analyse des savoirs de chimie dans l'enseignement secondaire en France qui distingue la réalité perçue et la réalité idéalisée du niveau des modèles. Ce cadre est ensuite mis à l'épreuve dans deux études de cas pour caractériser les connaissances mises en jeu par des élèves de terminale scientifique au cours d'une séance de travaux pratiques ce qui met en évidence le rôle prédictif ou explicatif des modèles et le manque de certains liens faits par les élèves entre niveaux de savoirs.

Le chapitre 16 porte sur l'étude des pratiques enseignantes relatives au programme français de sciences citoyennes, Vigie-Nature École (VNE). Les auteurs présentent les résultats d'une enquête auprès d'enseignants du premier et du second degrés qui indiquent que les 99 participant.e.s assignent à VNE de nombreux objectifs, tels que sensibiliser les élèves à la biodiversité par le terrain, travailler la démarche scientifique, modifier l'image de la nature de la science, engager des projets interdisciplinaires et contribuer à la recherche. Or, seule la moitié des participants envoie les données aux chercheurs. Ce décalage par rapport aux intentions des concepteurs de VNE traduit un détournement d'usage par certain.es

enseignant.es. Une catégorisation des pratiques permet de dégager des profils contrastés, révélant des façons très différentes de mettre en œuvre VNE.

Les chapitres 17 et 18 s'intéressent aux pratiques enseignantes autour de certains aspects de la problématisation en sciences au secondaire. Le chapitre 17 traite d'une étude visant la compréhension des pratiques d'enseignement de la physique en réponse à une commande institutionnelle particulière, en l'occurrence celle de l'enseignement de la pratique du questionnement dans le second degré en France. L'analyse des pratiques de classes de trois enseignants, observés à des niveaux scolaires différents du secondaire, permet de mettre en évidence la présence de problèmes ouverts et fermés dans l'enseignement de la physique, mais selon des modalités variables. Le chapitre 18 vise, quant à lui, à comprendre comment une enseignante développe sa pratique professionnelle afin d'apporter des aides à la problématisation des élèves de cinquième (12 – 13 ans) sur la circulation sanguine en tant que fonction de nutrition. L'étude de deux séquences, une pratique ordinaire et une situation forcée menées par une même enseignante, est l'occasion de questionner l'articulation entre les concepts d'inducteurs de problématisation et de déterminants de la problématisation. Cette comparaison montre qu'une diversité de leviers à la problématisation peuvent être envisagés par les enseignants en amont et pendant la séance. Le chapitre 19 est le seul de l'ouvrage à s'appuyer sur une prise de données en dehors de l'école. Il étudie la manière dont des formations en diététique, un cursus préparant au BTS en France et une formation au diplôme d'État au Maroc, peuvent rendre les étudiant·e·s capables de pratiques de diététiciens. Les auteurs convoquent le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique pour décrire et analyser des extraits de données pour deux thèmes dans les formations étudiées, un concernant le diabète et les événements festifs, l'autre concernant le diabète et la notion d'indice glycémique. Les résultats mettent en exergue une situation démontrant une continuité entre la pratique de diététiciens connaisseurs et la pratique didactique, et une autre, où cette continuité est moins évidente.

Quatrième partie

La quatrième et dernière partie de l'ouvrage aborde, en cinq chapitres, la formation des enseignants et leur développement professionnel. Le chapitre 20 s'intéresse aux difficultés de mise en place de l'investigation en classe de sciences qui, depuis quelques décennies, est devenue une prescription institutionnelle forte. L'une des hypothèses mise au travail par les auteurs est qu'une des sources potentielles de ces difficultés de mise en œuvre est liée à l'existence de normes professionnelles qui tirent leur légitimité des prescriptions

primaires et secondaires. Ces normes, partagées par une majorité d'enseignants, peuvent ainsi définir un genre professionnel qui sert ensuite de filtre aux enseignants pour guider leur choix d'activité, ainsi que leur mise en œuvre. Les résultats de l'analyse d'un questionnaire administré à des enseignants suisses montrent que ceux-ci y adhèrent majoritairement.

De son côté, le chapitre 21 vise à découvrir quelles compétences sont repérées et évaluées par trois enseignants lors de l'analyse de l'activité d'élèves en train de résoudre les défis du concours informatique Castor, conçus pour que ces derniers mettent en œuvre les compétences de la pensée informatique. Les résultats de cette étude exploratoire montrent que les discours des enseignants couvrent bien les cinq catégories de la pensée informatique, même s'ils n'utilisent pas explicitement les termes. Mais les auteures relèvent également des connaissances non prises en charge par cette catégorisation, telle les capacités manipulatoires des artefacts. Elles concluent que les difficultés repérées par les enseignants auprès de certains élèves rendent indispensable l'acquisition de connaissances informatiques pour développer cette pensée informatique.

Le chapitre 22 présente les premiers résultats d'une recherche sur l'implantation d'une communauté d'apprentissage en formation initiale d'enseignants. Rassemblant des chercheurs et des futurs enseignants du niveau préscolaire (2,5 à 6 ans) et du niveau secondaire supérieur (15 à 18 ans), cette communauté d'apprentissage a pour objectif de faire travailler ensemble des futurs enseignants aux deux extrémités du continuum pédagogique de l'enseignement obligatoire en Belgique pour construire des séquences d'enseignement en éveil scientifique. Les premiers résultats, issus de l'analyse des témoignages des participants, tendent à montrer l'efficacité du dispositif en termes de prémisses de développement professionnel des futurs enseignants.

Le chapitre 23, quant à lui, s'inscrit dans le contexte de la formation des enseignants dans le domaine des sciences et technologies industrielles où des étudiants enseignants débutants apprennent à concevoir des tâches d'enseignement pour développer leurs compétences, en interagissant avec leurs collègues, leurs propres enseignants et leurs tuteurs. Sur la base d'analyses de l'activité de deux classes d'enseignants novices, les auteurs présentent une première étape dans l'analyse d'une situation d'apprentissage par problème avec seize équipes d'étudiants enseignants débutants dans les domaines de l'ingénierie, du design et de la technologie. Les premiers résultats permettent une meilleure compréhension des activités collaboratives de conception et notamment du processus de recherche de solution à un problème de conception.

Dans le dernier chapitre de l'ouvrage, l'auteure présente une étude exploratoire visant à documenter et à caractériser les éventuelles relations entre les activités d'enseignement et de recherche des enseignants-chercheurs en France. L'analyse des entretiens menés avec 3 enseignants-chercheurs en physique s'appuie sur le cadre théorique de l'approche documentaire. Les résultats permettent de repérer différentes formes de rapport que les enseignants-chercheurs entretiennent entre les ressources mobilisées dans leurs activités de recherche et les ressources pédagogiques mobilisées pour leurs enseignements. Ils permettent également d'envisager différents facteurs susceptibles d'influer sur ces relations entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche.

Bibliographie

- Dupin J.-J. (2010) Dix ans de travaux en didactique vus à partir des actes des rencontres de l'ARDiST. *SKHOLÊ, volume 16*, 9-16.
- Kermen, I. (2020). Diversité des approches en didactique des sciences et des technologies. Arras : Artois Presses Université.

Remerciements

Un grand merci au service d'appui à la recherche du CREAD, et notamment à Julie Muller, pour son aide précieuse à la mise en page de cet ouvrage.

Première partie – Apprentissage de savoirs scientifiques en classe

Étude expérimentale de l'efficacité de l'utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement sur l'énergie au cycle 3

Boyer, Antonin⁽¹⁾, Givry, Damien⁽¹⁾, Mencacci, Nicole⁽¹⁾

⁽¹⁾Aix Marseille Université, ADEF EA 4671 – France

Introduction

Les recherches en éducation sur l'enseignement de l'énergie ne présentent pas de consensus, elles sont principalement centrées sur la proposition de différentes approches mais dont l'efficacité est rarement testée (Millar, 2014). Une des difficultés, soulignée au niveau de l'enseignement de l'énergie, concerne son fractionnement entre les disciplines scolaires (Bruguière, Sivade & Cros, 2002 ; Morge & Buty, 2014). Certains travaux montrent également un effet des situations associées à certaines de ces disciplines (notamment physique et biologie) sur les conceptions d'étudiants (Chabalengula, Sanders, et Mumba, 2011 ; Lancor, 2014). Pour pallier ces difficultés, certaines recherches mettent en avant la nécessité d'adopter une approche interdisciplinaire pour enseigner le concept d'énergie notamment à l'aide des modèles de chaînes énergétiques (Bruguière et al., 2002 ; Morge & Buty, 2014). De plus, l'énergie est présentée, dans les programmes de cycle 3 de l'école élémentaire (MEN, 2015), comme un concept qui relie les 4 thèmes de la partie « sciences et technologie ». À partir des modèles existants et d'une étude préalable, nous avons développé un modèle de chaîne permettant de reconstituer des systèmes énergétiques (Boyer & Givry, 2018). Dans une forme d'interdisciplinarité, il nous a semblé important qu'à l'aide du modèle proposé, les élèves étudient des systèmes habituellement associés à des disciplines différentes et notamment des systèmes domestiques et biotiques (relatifs au vivant). Cependant, de nombreux travaux montrent que les élèves associent préférentiellement l'énergie avec certains systèmes ou certains processus (Colonnese, Heron, Michelini, Santi & Stefanel, 2012). Parmi ces systèmes, on retrouve par exemple les humains (Watts, 1983) ou les appareils électriques (Yuenyong & Yuenyong, 2007). De

plus, les élèves rencontrent un nombre important de difficultés concernant les processus énergétiques dans les systèmes biotiques (Kose, 2008). Ils considèrent rarement les plantes et les animaux comme des sources d'énergie ou le soleil comme une ressource (Hogan & Fisherkeller, 1996 ; Reiner & Eilam, 2001). Ils identifient des sources d'énergie qui n'en sont pas, comme l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, les minéraux etc. (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990 ; Kose, 2008). Quant aux transformations d'énergie (respiration cellulaire et photosynthèse), ils les voient comme des transformations de matière ou des échanges gazeux uniquement (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990 ; Barak, Sheva, Gorodetsky & Gurion, 1999 ; Kose, 2008). Enfin, notre étude pilote montre que les élèves ont plus de difficultés à réaliser des chaînes énergétiques sur les systèmes biotiques (Boyer & Givry, 2018). Ces éléments nous ont conduits à interroger l'association de systèmes biotiques et domestiques dans un enseignement sur l'énergie au regard de son efficacité sur les apprentissages des élèves.

Cadre théorique

Notre étude se situe dans le champ de la didactique des sciences et adopte une approche socio-constructiviste (Léontiev, 1981). Les travaux de recherche en éducation sur l'efficacité sont principalement caractérisés par des études qui ont pour but la conception de modèles d'efficacité intégrant les différents niveaux au sein desquels interviennent les facteurs ayant un impact sur les performances des élèves (Creemers & Kyriakides, 2008 ; Reezigt & Creemers, 2005). On y retrouve trois niveaux principaux : l'efficacité éducative (qui se situe au niveau du système éducatif), l'efficacité de l'école (qui observe des effets au niveau de l'établissement) et l'efficacité de l'enseignement (étudiée au niveau de la classe) (Dumay & Dupriez, 2009 ; Creemers & Kyriakides, 2008). L'effet classe expliquerait 7 à 21 % de la variance des progrès d'acquisition scolaire et serait un peu plus important dans les disciplines scientifiques que dans l'apprentissage des langues (Bressoux, 2012). Les travaux qui s'intéressent à l'efficacité au niveau de la classe distinguent différents effets (*Ibid.*). Les effets de la composition du public (Bressoux, 2012 ; Duru-Bellat, 2003) correspondent à certaines caractéristiques des élèves (origine sociale, niveau scolaire moyen, hétérogénéité, etc.). Les effets de la morphologie de la classe renvoient à une forme d'organisation de l'enseignement (cours simples ou doubles, nombre d'élèves, etc.). Enfin, l'effet-maître, également appelé pratiques enseignantes (Talbot, 2012), concerne les effets de l'activité de l'enseignant sur les apprentissages des

élèves. Parmi ces effets, on considère que l'effet maître est celui qui impacte le plus les résultats des élèves (Bressoux, 2012). Il expliquerait 10 à 15 % des variations sur les acquisitions des élèves (Bru, Altet & Blanchard-Laville, 2004). Dans cette étude, nous considérons que l'effet observé relève d'un effet tâche. En effet, l'utilisation de systèmes biotiques a été considérée comme une condition des tâches que les élèves doivent réaliser, que l'on retrouverait si une tâche était transposée d'une classe à l'autre, d'un enseignant à l'autre.

Léontiev (1981, p. 102) définit la tâche comme « le but à atteindre dans des conditions spécifiques ». Cette définition renvoie d'une part aux actions et d'autre part aux opérations du sujet. En effet, dans sa description de la « structure générale de l'activité », il distingue trois niveaux d'analyse interconnectés, l'activité qui répond à un mobile, les actions qui répondent à un but concret et les opérations qui dépendent des conditions de réalisation de ce but concret. Ces conditions portent d'une part sur la description des contraintes en termes d'états, d'opérations ou de procédures (Leplat et Hoc, 1983), ainsi que sur les propriétés matérielles de l'objet. Le sujet agit dans et sur une situation qui peut comprendre plusieurs tâches (Savoyant, 2006). Pour Mayen (2012), cette situation correspond à un système de caractéristiques agissantes qui sont définies comme tout élément : affectant ou pouvant affecter l'activité du sujet ou étant affecté par l'action du sujet (Léontiev, 1981). Nous avons défini l'utilisation de systèmes biotiques comme une condition spécifique de la tâche qui relève des propriétés matérielles de l'objet. Nous situons son effet parmi les différentes caractéristiques agissantes aux niveaux de la tâche et de la situation. Pour la tâche, il s'agit des caractéristiques relevant d'une part des procédures et d'autre part des propriétés matérielles de l'objet ; taille de la chaîne énergétique, nombre d'objets sur les images (Boyer & Givry, 2018), registres sémiotiques utilisés, nombre de systèmes étudiés. Pour la situation, nous associons les caractéristiques agissantes aux principaux effets mis en avant par les travaux sur l'efficacité en éducation, notamment les effets établissement (Dumay & Dupriez, 2009) et au niveau de la classe : les effets maître, composition et morphologie du public (Bressoux, 2012).

Nous avons caractérisé l'effet de cette condition de la tâche sur les apprentissages des élèves à partir de la formation de l'action (Savoyant, 2006). Cet auteur propose d'analyser la formation de l'action en articulant deux niveaux. Le premier niveau correspond à l'identification d'actions-performances à partir de l'analyse de la tâche. Le second niveau s'intéresse à l'analyse de l'activité à travers son développement sur deux plans, l'élaboration de l'action (savoir et comprendre ce qu'il faut faire) et l'assimilation de

l'action (le faire de façon efficiente). Nous envisageons les tâches des enseignements analysés comme le moment où ont lieu l'assimilation et l'élaboration de l'action. Nous proposons d'observer l'efficacité de l'utilisation de systèmes biotiques vis-à-vis de ces processus en observant l'évolution des actions performances des élèves à l'issue de l'enseignement. Autrement dit, ce sont les progressions des élèves au niveau de l'action « reconstituer un système énergétique » à l'issue de l'enseignement qui sont utilisées pour évaluer la formation de cette action pendant ce dernier. L'ensemble de ces éléments est représenté dans la figure 1.

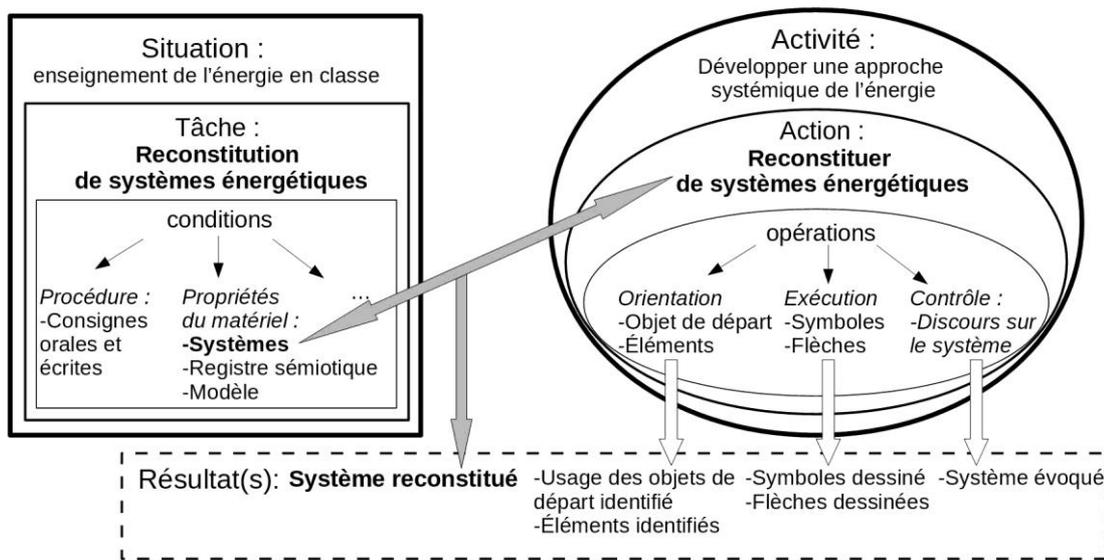


Figure n°1 : Liens entre la condition spécifique de la tâche « utilisation de systèmes biotiques » et la formation de l'action chez les élèves

La figure 1 représente le modèle utilisé afin d'étudier le lien entre la condition spécifique de la tâche « utilisation de systèmes biotiques » et la formation de l'action chez les élèves. La partie gauche du modèle représente la situation. La partie droite du modèle présente la structure de l'activité des élèves. Nous avons considéré que le but de ces tâches, et donc l'action, étaient de reconstituer des systèmes à l'aide du modèle de chaîne énergétique. La partie inférieure du modèle représente les résultats des élèves (l'état final à l'issue de la tâche) à partir desquels les actions ont été reconstituées. Enfin, les flèches représentent les liens observés dans cette étude.

Question de recherche

Notre étude vise à répondre à la question de recherche suivante : quelle est l'efficacité de la condition de la tâche « utilisation de systèmes biotiques » dans un enseignement sur l'énergie au regard des progressions des élèves sur l'action-performance « réaliser des chaînes énergétiques complètes » ?

Pour étudier cette question, considérant les difficultés que les élèves rencontrent à propos des systèmes biotiques (Boyer & Givry, 2018), notamment au niveau de l'identification des sources et ressources (Hogan & Fisherkeller, 1996 ; Anderson, Sheldon & Dubay, 1990 ; Kose, 2008 ; Reiner & Eilam, 2001), nous formulons l'hypothèse suivante. L'utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement présentant d'importantes difficultés pour les élèves, cette condition constitue un effet tâche négatif qui limite leurs progressions sur l'action « réaliser des chaînes énergétiques complètes ».

Méthodologie

Pour répondre à cette question de recherche, nous avons adopté une méthodologie de type expérimental. Nous avons mis en place un protocole dans lequel des systèmes biotiques ont été introduits au sein d'une ingénierie didactique (variable indépendante) dans 3 classes de CM1 (CM1A, CM1B et CM1C). L'effet de cette introduction a été observé à l'aide de pré-tests et de post-tests. Dans ces derniers, nous avons relevé le nombre moyen de systèmes pour lequel les élèves sont passés d'une chaîne énergétique non conforme (contenant des erreurs, incomplète, réalisée sur le mauvais objet, etc.) à une chaîne attendue et complète (variable dépendante). Les sections suivantes présentent a) les participants à l'expérimentation b) le protocole expérimental c) les tests, d) le recueil de ces données et enfin e) leurs analyses.

Participants

Les analyses présentées ont été conduites auprès de 72 élèves (30 filles et 42 garçons) et 3 enseignants dans trois classes de CM1 (grade 4, élèves de 9-10 ans) de 2 écoles différentes situées dans le sud de la France. Les caractéristiques de ces participants sont présentées dans le tableau 1.

École	1	2	
Pédagogie de l'école	Freinet	Ordinaire	
Situation de l'école	Quartier sensible, grande ville	Zone plutôt rurale, petite ville	
Classe	CM1A	CM1B	CM1C
Ancienneté de l'enseignant	4 ans	25 ans	20 ans
Ancienneté en CM1	2 ans	5 ans	3 ans
Formation initiale en science	non	non	Licence biologie
Spécificité	Première mise en œuvre d'un enseignement sur l'énergie	Maître ressources sciences et direction de l'école	0
Nombre d'élèves	28	22	22
Répartitions filles, garçons	8 filles, 20 garçons	11 filles, 11 garçons	8 filles, 14 garçons
Élèves signalés par l'enseignant comme présentant des besoins éducatifs particuliers	11	3	4

Tableau n°1 : Caractéristiques des participants à l'expérimentation

Protocole expérimental

Le protocole expérimental vise à observer l'effet de la variable indépendante « utilisation de systèmes biotiques dans l'enseignement » sur la variable dépendante « nombre de systèmes sur lesquels les élèves progressent ». La méthodologie mise en place vise à observer l'effet de cette variable dans le contexte de la classe. Dans ce dernier, il apparaît également des effets liés à l'enseignant et ses pratiques, à la séquence d'enseignement, aux caractéristiques du groupe classe et des élèves. Nous avons choisi de séparer les élèves en deux groupes (« biotiques & domestiques » et « domestiques uniquement »), dans chacune des trois classes décrites précédemment. C'est donc le même enseignant qui a conduit simultanément la même séquence pour les groupes « biotiques & domestiques » et « domestiques uniquement ». Ce choix a pour but de neutraliser l'effet maître au niveau

des caractéristiques de l'enseignant, mais aussi de ses pratiques (gestion du travail en groupe, vie de classe, etc.) et de sa façon de conduire la séquence (durée des séances et des différentes tâches, consignes orales).

La variable « utilisation de systèmes biotiques » change de valeurs dans deux des douze séances de la séquence d'enseignement qui a été élaborée dans le cadre d'un groupe de production de ressources associant chercheurs, formateurs et enseignants. Les systèmes biotiques ont été introduits dans les séances 3 et 7 au sein de 4 tâches spécifiques (tableau 2).

Séances 1 et 2 sur l'utilisation d'énergie	
Séance 3 : Modèle de la chaîne énergétique	Introduction des chaînes énergétiques à 2 éléments
	Réalisation de chaînes énergétiques à 2 éléments
	Mise en commun et Introduction des chaînes à 3 éléments
	Réalisation de chaînes énergétiques à 3 éléments
	Mise en commun et Introduction des chaînes à 4 éléments
Séances 4 à 6 Comment fabriquer de l'électricité ?	Réalisation de chaînes énergétiques à 4 éléments
	Mise en commun
	Première partie de la séance sur la renouvelabilité
Séance 7 : Chaînes énergétiques et renouvelabilité	Rappel sur les chaînes à 4 éléments
	Réalisation de chaînes énergétiques à 4 éléments
Séances 8 à 10 : Ressources énergétiques renouvelables et non renouvelables	
Séances 11 et 12 : Comment gérer les besoins énergétiques d'un village ?	

Tableau n°2 : Séances et tâches comportant la variable dans la séquence

Le tableau 2 présente les douze séances de la séquence d'enseignement et les quatre tâches spécifiques (en gras dans le tableau) dans lesquelles la variable a été opérationnalisée. L'enseignant a conduit les parties communes de la séquence devant l'ensemble de la classe puis, lors de ces tâches spécifiques, a distribué à certains élèves des images qui ne représentent que des systèmes domestiques et aux autres (groupes entourés sur la figure 2) des systèmes biotiques et domestiques.

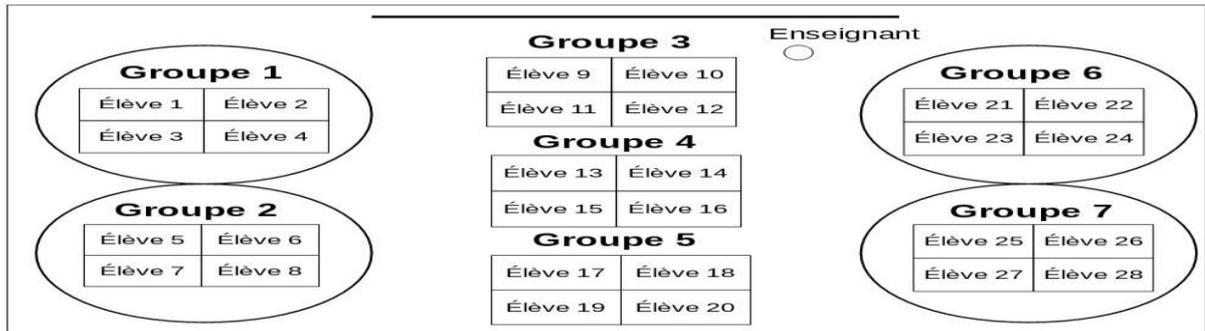


Figure n°2 : Exemple de répartition des groupes d'élèves (biotique et domestique)

La figure 2 représente un exemple de répartition des groupes d'élèves (« biotique & domestiques et « domestiques uniquement ») dans une des classes de l'expérimentation. Ces groupes ont été constitués par les chercheurs en fonction des réponses au pré-test. À partir des critères : « réalisation de chaînes énergétiques complètes » et « association des êtres vivant avec l'utilisation d'énergie », nous avons constitué des groupes de travail (1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sur la figure) et des groupes « biotiques & domestiques » et « domestiques uniquement » (pour l'ensemble de la classe) présentant une hétérogénéité quasi-similaire. Les tâches spécifiques étaient présentées sous forme d'un livret contenant une consigne et 9 images comportant les dessins des éléments de différents systèmes. Sur ces images, les élèves, par groupe de trois ou quatre, devaient dessiner des chaînes énergétiques. Pour cela, ils devaient a) entourer le nom de l'objet de départ, b) encadrer le nom de la source d'énergie, c) dessiner un triangle autour du nom du transformateur, d) encadrer le nom de la ressource naturelle et e) enfin relier les différents éléments par des flèches allant de l'objet de départ vers la ressource naturelle.

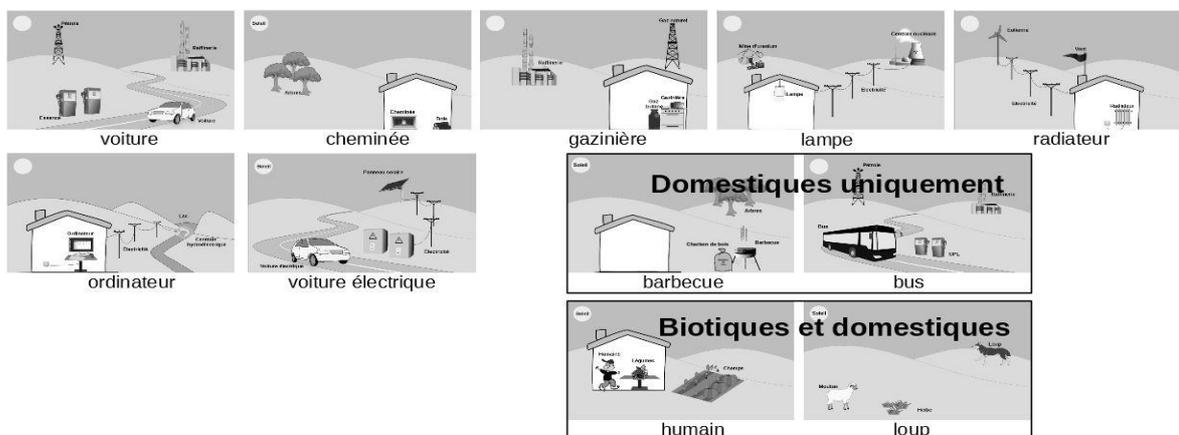


Figure n°3 : Images des tâches avec systèmes domestiques uniquement ou biotiques et domestiques

Les deux séries de tâches se composent de 7 images identiques et de 2 qui diffèrent selon la valeur de la variable (images encadrées). Les 7 images communes aux deux valeurs de la variable représentent les éléments des systèmes : voiture, cheminée, gazinière, lampe, radiateur, voiture électrique et ordinateur. Les 2 images différentes représentent les éléments des systèmes : bus et barbecue, pour la valeur « systèmes domestiques uniquement » et humain et loup, pour la valeur « systèmes biotiques & domestiques ». Le nombre d'images sur lesquelles les élèves doivent réaliser les chaînes énergétiques est le même dans les tâches des deux groupes.

Les systèmes biotiques (« humain » et « loup ») ont des objets de départ qui se déplacent et ils se terminent par un végétal et le soleil (champ => soleil pour l'humain, et herbe => soleil pour le loup). Afin d'équilibrer les deux tâches, nous avons choisi, dans la tâche du groupe « domestiques uniquement », le système bus qui est un objet qui se déplace et le système barbecue dont la chaîne se termine par un végétal et du soleil (arbre => soleil). Les élèves des deux groupes ont donc tous réalisé des chaînes énergétiques identiques sur des images présentant le même nombre d'éléments dans des tâches présentant les mêmes consignes (écrites), le même nombre d'images et les mêmes registres sémiotiques. La partie suivante présente les pré-tests et post-tests qui ont été administrés avant et après la mise en place de ce protocole.

Pré-test et post-test

La variable dépendante « nombre de systèmes sur lesquels les élèves progressent » a été opérationnalisée sous la forme d'une tâche sur les chaînes énergétiques dans les pré-tests et post-tests. Dans ces tâches, les élèves devaient dessiner des chaînes énergétiques de la même manière que dans les tâches de la séquence d'enseignement, mais sur des images comportant plus d'éléments (12 éléments contre 4 durant la séquence). Pour cela, nous avons construit 3 images comprenant chacune les éléments de 3 systèmes (image 1 : cheminée, radiateur, voiture ; image 2 : humain, gazinière lampe ; image 3 : voiture électrique, ordinateur, loup). Les dessins représentant les éléments des différents systèmes sont les mêmes que ceux utilisés pendant la séquence d'enseignement. Dans le questionnaire, les images sont associées à une consigne générale illustrée d'un exemple de chaîne énergétique complète pour les objets qui bougent ou se déplacent, chauffent, éclairent ou fabriquent de l'électricité. Pour chaque image, une consigne plus succincte avec un exemple à échelle réduite est rappelée (figure 4).

3) Dessine une chaîne énergétique en commençant par ce qui bouge ou se déplace sur les images A, B, et C. Utilise l'exemple et le texte d'explication ci-dessous.

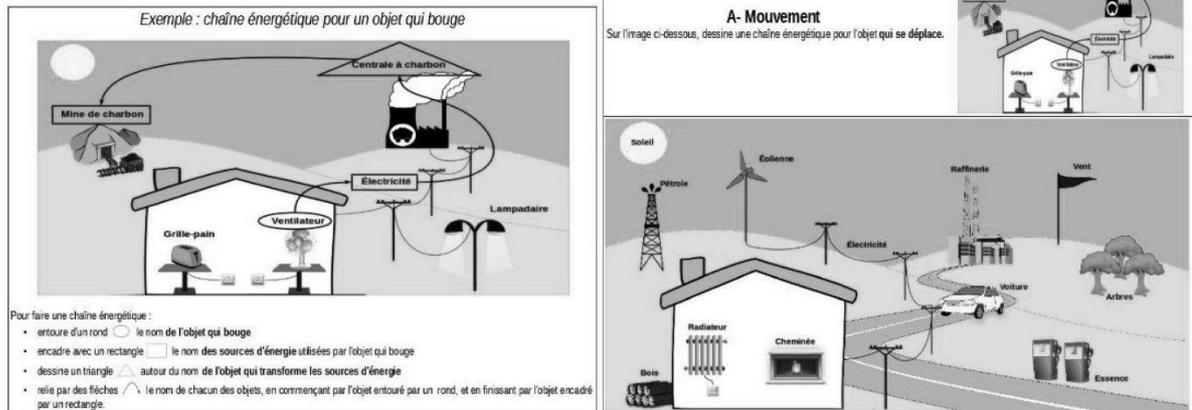


Figure n°4 : Extrait des questionnaires sur les objets qui bougent ou se déplacent

La figure 4 représente un extrait des questionnaires comportant la page de consigne sur les objets qui bougent ou se déplacent ainsi qu'une des images sur laquelle les élèves doivent réaliser des chaînes énergétiques. Cette image comprend les dessins représentant les éléments des trois systèmes voiture, radiateur et cheminée. Sur cette image, les élèves doivent sélectionner le système dont l'objet de départ se déplace, puis réaliser une chaîne énergétique comme dans les tâches de la séquence d'enseignement (entourer l'objet de départ, encadrer la source, dessiner un triangle autour du transformateur, encadrer la ressource et relier par des flèches). Sur la plupart des images, les élèves ne doivent réaliser qu'une seule chaîne. Ils doivent en réaliser 2 pour 2 images (cheminée et radiateurs qui chauffent, voiture électrique et loup qui se déplacent). Les 3 mêmes images ont été utilisées pour les objets qui bougent ou se déplacent, pour ceux qui éclairent, puis pour ceux qui chauffent et enfin pour ceux qui fabriquent de l'électricité.

Les post-tests comprenaient une image supplémentaire composée d'éléments de systèmes non étudiés pendant la séquence. Dans ce chapitre, les chaînes énergétiques des objets qui fabriquent de l'électricité ainsi que les chaînes énergétiques supplémentaires des post-tests n'ont pas été prises en compte. Ainsi, les analyses présentées ici correspondent aux chaînes énergétiques dessinées par les élèves pour 11 systèmes, voiture, humain, loup, voiture électrique, cheminée (qui éclaire), lampe, ordinateur (qui éclaire), radiateur, cheminée (qui chauffe), ordinateur (qui chauffe).

Recueil des données

Au total 68 pré-tests (26 pour le CM1A, 20 pour le CM1B et 22 Pour le CM1C) ainsi que 62 post-tests (CM1A : 26, CM1B :16, CM1C : 20) ont été recueillis. Seuls les tests de 61 élèves (dont le pré-test et le post-test étaient disponibles) ont été utilisés dans cette étude.

L'expérimentation a duré environ deux mois pour les trois classes (CM1A : deux matinées par semaine, CM1B : une journée par semaine, CM1C : emploi du temps habituel de l'enseignant). Dans deux classes (CM1A et B), la séquence a été mise en place en présence des chercheurs. Dans le CM1C, l'enseignant a librement conduit la séquence à l'exception des demandes des chercheurs concernant la constitution et le maintien des groupes « biotiques & domestiques » et « domestiques uniquement ». Dans les trois classes, les pré-tests ont été administrés avant la séquence d'enseignement et les post-tests après la séance 7 (deuxième séance sur les chaînes énergétiques). Dans les CM1A et B, les questionnaires ont tous été administrés en présence des chercheurs. Les instructions ont été données conjointement par l'enseignant et le même chercheur pour les pré-tests et les post-tests. Dans le CM1C, les pré-tests ont été administrés de la même manière ; en revanche les post-tests ont été recueillis par l'enseignant sans que les chercheurs ne soient présents.

Analyse des données

Pour chacun des 11 systèmes du questionnaire, nous avons codé les réponses des élèves en deux catégories, les chaînes complètes et les réponses non attendues. Les chaînes complètes correspondent à des réalisations où tous les éléments (objet de départ, source, transformateur et ressource naturelle) sont associés correctement aux symboles du modèle et reliés avec des flèches dessinées dans le bon sens. Les réponses non attendues correspondent à toutes les autres réalisations, notamment des chaînes incomplètes, des chaînes incorrectes, ou pas de réponse. Ce codage a été utilisé pour analyser les progressions individuelles des élèves (passage d'une réponse non attendue au pré-test à une chaîne complète au post-test). À partir de ce codage, nous avons relevé le nombre moyen de systèmes sur lesquels les élèves des groupes « biotiques & domestiques » et « domestiques uniquement » ont progressé pour A) l'ensemble des élèves de l'expérimentation et B) pour chaque classe, quand on prend en compte a) l'ensemble des 11 systèmes du questionnaire b) les 2 systèmes biotiques uniquement et c) les 9 systèmes domestiques uniquement.

Résultats

Nos résultats montrent que les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent pour réaliser des chaînes complètes sur un plus grand nombre de systèmes du questionnaire à l'issue de l'enseignement que ceux du groupe « domestiques uniquement ». Ils montrent également que cet effet positif, observé quand on prend en compte l'ensemble des élèves, se retrouve dans chacune des classes où le protocole a été mis en place.

Les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent pour un nombre plus important de systèmes du questionnaire

La figure 5 représente l'effet de l'utilisation de systèmes biotiques pendant l'enseignement, lorsque l'on prend en compte l'ensemble des 11 systèmes du questionnaire.

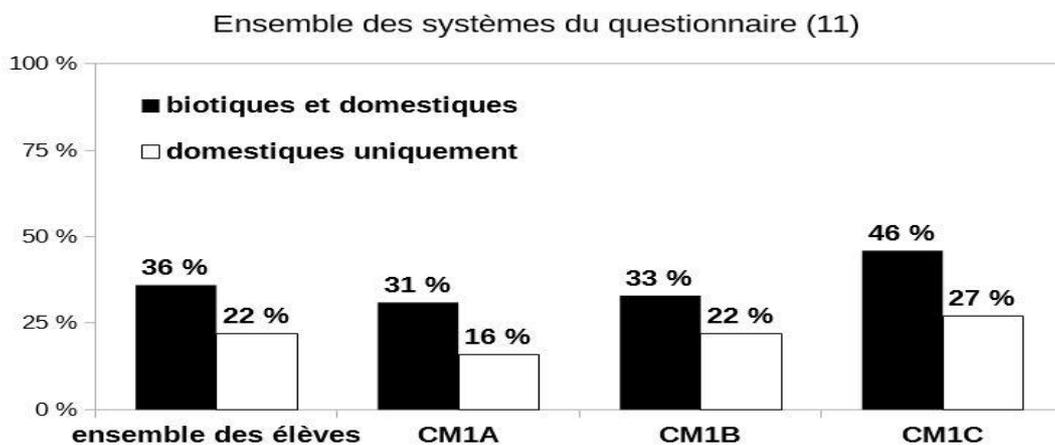


Figure n°5 : Progression des élèves sur l'ensemble des systèmes

La figure 4 représente le pourcentage moyen de systèmes sur lequel les élèves du groupe « biotiques & domestiques » (barres noires) et ceux du groupe « domestiques uniquement » (barre blanche) ont progressé pour réaliser des chaînes énergétiques complètes quand on prend en compte l'ensemble des 11 systèmes du questionnaire. Ces pourcentages sont présentés au niveau de l'ensemble des élèves des trois CM1 (graphique le plus à gauche) puis au niveau de chacune des classes dans lesquelles le protocole expérimental a été mis en place (graphiques de droite). Les résultats montrent que les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent sur un nombre plus important de système (36 % contre 22 % pour le groupe « domestiques uniquement »). Ils montrent également que l'on retrouve cet effet positif dans chacune des trois classes avec des écarts différents entre les deux groupes. Dans le CM1A, les élèves du groupe « biotiques &

domestiques » progressent sur 15 % de systèmes supplémentaires, dans le CM1B sur 11 % de systèmes supplémentaires et dans le CM1C sur 19 %. Ces pourcentages ont été relevés sur l'ensemble des systèmes du questionnaire. Pendant la séance, les systèmes biotiques n'ont été étudiés que par le groupe « biotiques & domestiques » alors que le groupe « domestiques uniquement » a étudié deux systèmes différents plus proches de certains systèmes domestiques du questionnaire. Afin d'observer si ces différences affectent notre résultat, les figures suivantes présentent séparément les résultats du questionnaire concernant les systèmes biotiques (figure 6) et domestiques (figure 7).

Les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent pour un nombre plus important de systèmes biotiques du questionnaire

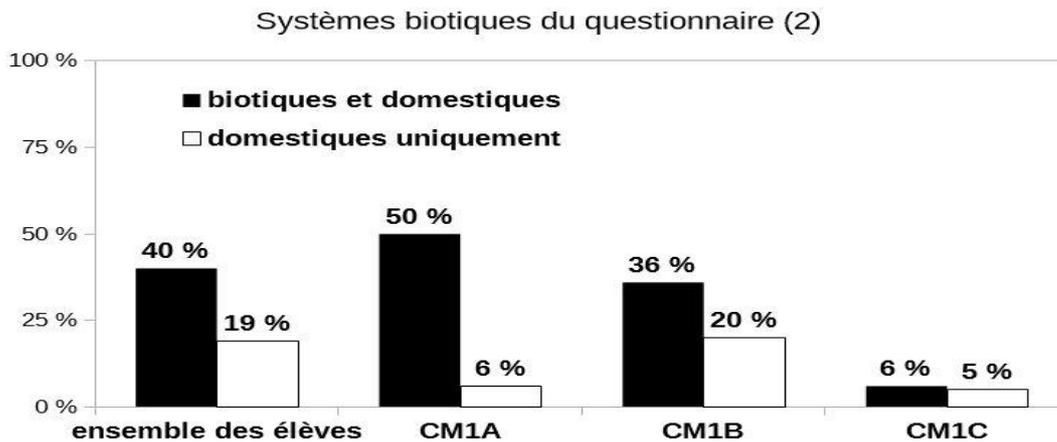


Figure n°6 : Progression des élèves sur les systèmes biotiques

La figure 6 représente les mêmes mesures que la figure 5 quand on ne prend en compte que les deux systèmes biotiques du questionnaire. Elle montre que les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent sur un nombre plus important de système (40 % contre 19 % pour le groupe « domestiques uniquement »). Ce résultat n'est pas surprenant étant donné que seul les élèves du groupe « biotiques & domestiques » avaient étudié ces systèmes. Cependant, les pourcentages, pour l'ensemble des élèves et pour chaque classe, montrent certains éléments qui nous semblent importants quant aux progressions concernant ces systèmes biotiques. Au niveau de chacune des classes, on retrouve cet effet positif mais avec des écarts très importants. En effet, dans le CM1A les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent en moyenne sur 50 % des systèmes biotiques, alors que ceux du groupe « domestiques uniquement » ne progressent presque pas sur ces

systèmes. Dans le CM1B, les deux groupes présentent un écart beaucoup plus réduit (16%). Enfin dans le CM1C, l'effet est quasiment inexistant et aucun des deux groupes ne progresse réellement sur ces systèmes. Ces différences entre les classes sont surprenantes. En effet, il était attendu que l'écart soit plus stable à propos des systèmes qui constituent la variable indépendante.

Ces résultats indiquent également que la réalisation de chaînes énergétiques sur les systèmes biotiques reste difficile pour les élèves. En effet, les élèves du groupe « biotiques & domestiques » ont progressé en moyenne sur 40 % de systèmes, ce qui, sur 2 systèmes, signifie que, même après les avoir étudiés pendant les séances, une majorité d'élèves n'a progressé sur aucun des systèmes biotiques. Ce constat est particulièrement accentué quand on regarde les progressions classe par classe, notamment au niveau des CM1B et C où le nombre moyen de systèmes sur lesquels les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent est très bas (36 % pour le CM1B et 6 % pour le CM1C).

Les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent pour un nombre plus important de systèmes domestiques du questionnaire

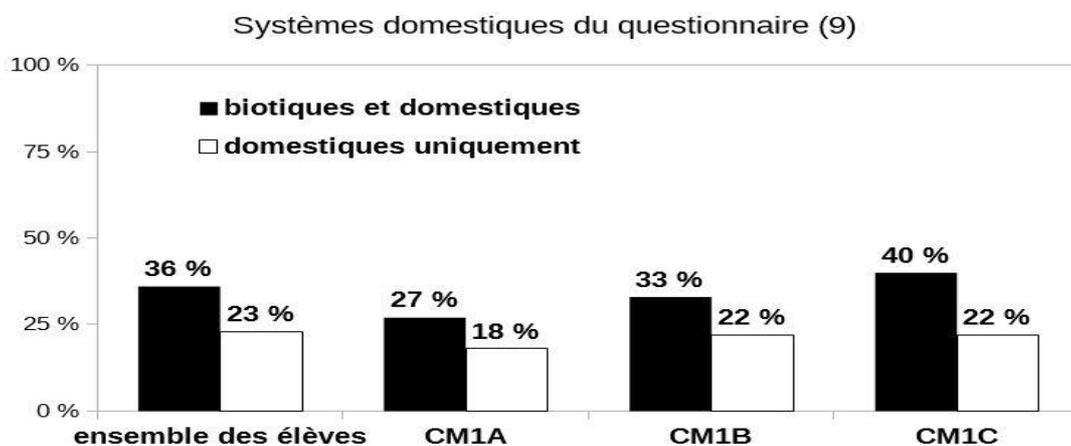


Figure n°7 : Progression des élèves sur les systèmes domestiques

La figure 7 représente les mêmes mesures que les figures 5 et 6 quand on ne prend en compte que les neuf systèmes domestiques du questionnaire. Les résultats montrent que les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent sur un nombre plus important de systèmes (36 % contre 23 % pour le groupe « domestiques uniquement »). Ils montrent également que l'on retrouve cet effet positif dans chacune des trois classes même si les écarts entre les deux groupes sont différents. En effet, dans le CM1A les élèves du groupe

« biotiques et domestiques » progressent sur 9 % de systèmes supplémentaires, dans le CM1B sur 11 % de systèmes supplémentaires et dans le CM1C sur 18 %. Les élèves du groupe « biotiques et domestiques » progressent plus sur les systèmes domestiques, alors qu'ils n'ont étudié que 7 systèmes domestiques pendant l'enseignement contre 9 pour le groupe « domestiques uniquement ». En effet, dans le but d'équilibrer le nombre de systèmes étudiés par les deux groupes, les élèves du groupe « domestiques uniquement » ont travaillé sur deux systèmes domestiques supplémentaires. Il était donc attendu qu'ils progressent plus sur les systèmes domestiques dont certains présentent des éléments similaires aux systèmes qu'ils ont étudiés en plus.

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les élèves du groupe « biotiques & domestiques » progressent plus à l'issue de l'enseignement au niveau de l'ensemble des systèmes, des systèmes biotiques et des systèmes domestiques du questionnaire. De plus, même si les écarts entre les groupes peuvent être variables, les tendances observées au niveau de l'ensemble des systèmes du questionnaire et des systèmes domestiques se retrouvent dans chacune des classes de l'expérimentation. Les résultats montrent également que les élèves rencontrent beaucoup de difficultés concernant les systèmes biotiques. Les élèves ayant réalisé des tâches associant des systèmes biotiques et domestiques pendant l'enseignement réalisent donc plus d'actions performances à l'issue de celui-ci. Nous considérons que ces effets sur les actions performances indiquent une meilleure élaboration et assimilation de l'action pendant l'enseignement.

Ces éléments nous amènent à rejeter notre hypothèse. En effet, la condition utilisation de systèmes biotiques dans un enseignement constitue un effet tâche positif sur la formation de l'action des élèves « réaliser des chaînes énergétiques complètes ». Il semble que malgré les difficultés identifiées concernant les systèmes biotiques comme l'identification des sources et des ressources (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990 ; Hogan & Fisherkeller, 1996 ; Kose, 2008 Reiner & Eilam, 2001), l'identification des processus énergétiques dans ces systèmes (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990 ; Barak, Sheva, Gorodetsky & Gurion, 1999 ; Kose, 2008), ou la réalisation de chaînes énergétiques (Boyer & Givry, 2018), l'étude de ces systèmes ait permis aux élèves de progresser sur un plus grand nombre de systèmes domestiques. Pourtant cette étude confirme également que les élèves progressent peu sur les systèmes biotiques et une analyse complémentaire montre que durant la

séquence d'enseignement les élèves ont rencontré plus de difficultés lorsqu'ils ont réalisé des tâches associant systèmes biotiques et domestiques (Boyer, 2017).

De plus, ces résultats interrogent un second aspect de notre hypothèse concernant l'assimilation de l'utilisation de systèmes biotiques dans l'enseignement à un effet tâche. Le fait que globalement un effet positif se retrouve dans les trois CM1 (A, B et C) semble indiquer que l'effet observé relève bien d'un effet de la tâche qui agirait indépendamment de l'enseignant animant la séquence et de l'école. Cependant les variations au niveau des écarts entre les classes, et notamment au niveau des systèmes biotiques, semblent indiquer des effets établissement et classe bien présents. Concernant les systèmes biotiques, cette variation est surprenante étant donné que ce sont les systèmes qui constituent la variable, mais pourrait être expliquée par le faible nombre de systèmes (2) pris en compte dans les moyennes. Il apparaît, quand on compare les trois classes, que les écarts les plus proches concernent les CM1 A et B et que l'écart le plus éloigné concerne le CM1C. Cet effet est d'autant plus marqué quand on regarde les progressions globales des élèves (en dehors de la comparaison « biotiques & domestiques » vs « domestiques uniquement »). Il nous apparaît que, bien qu'il ne transforme pas complètement l'effet des systèmes biotiques, on retrouve un effet classe très important qui agirait en association avec l'effet tâche étudié au-delà de l'effet établissement (Dumay & Dupriez, 2009). Les caractéristiques des trois classes nous invitent à croire que c'est au niveau de l'effet maître que cet effet classe (Bru, Altet & Blanchard-Laville, 2004) a été le plus marqué, ce qui confirme les travaux précédents sur l'efficacité en éducation (Bressoux, 2012).

Ces résultats présentent cependant certaines limites. Ils ne concernent que trois CM1 et nécessiteraient d'être reproduits dans un nombre plus important de classes. De plus, le contrôle des variables nous a amené à ne faire varier qu'un aspect minime de la séquence et à n'utiliser que deux systèmes biotiques. Les résultats pourraient s'avérer différents dans le cas d'une séquence réellement structurée autour d'un plus grand nombre de systèmes biotiques.

Ces résultats, à travers l'étude expérimentale de l'efficacité d'un enseignement sur l'énergie, apportent des éléments concernant certaines recommandations que l'on retrouve dans la littérature et qui ont été très peu testées (Millar, 2014), notamment l'adoption d'une approche interdisciplinaire de l'énergie (Bruguière, Sivade, & Cros, 2002 ; Morge & Buty, 2014). Nous avons en effet considéré que même à l'école primaire, les types de systèmes pris en compte dans cette étude renvoient souvent à des contextes disciplinaires spécifiques. Notre étude semble montrer que l'association de systèmes variés et

notamment de systèmes biotiques (pouvant être associée à une forme d'interdisciplinarité) favorise les apprentissages des élèves.

Ces conclusions impliquent, au niveau de l'enseignement, d'interroger l'association de certains systèmes avec certaines disciplines ou certains outils, par exemple le fait que les programmes (MEN, 2015) n'évoquent les chaînes d'énergie qu'à propos des systèmes domestiques. Elles suggèrent que les enseignements sur l'énergie, souvent focalisés sur des systèmes domestiques soient structurés autour de l'association de systèmes de nature différentes et notamment de systèmes relatifs au vivant. Elles soulignent particulièrement cet aspect au niveau des enseignements et formations qui font usage des modèles de chaînes énergétiques.

Bibliographie

- Anderson, C. W., Sheldon, T. H., & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761-776.
- Barak, J., Sheva, B., Gorodetsky, M., & Gurion, B. (1999). As 'process' as it can get: students' understanding of biological processes. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1281-1292.
- Boyer, A. (2017). *Étude expérimentale sur l'usage des systèmes biotiques dans des tâches d'enseignement basé sur une approche systémique de l'énergie. Quelle est son efficacité sur les actions d'élèves de cycle 3 pour reconstituer des systèmes à l'aide d'un modèle de chaîne énergétique ?* (Thèse de doctorat), Aix-Marseille Université.
- Boyer, A., & Givry, D. (2018) Développement d'un modèle de chaîne énergétique pour aider les élèves à adopter une vision globale de l'énergie dès l'école primaire. *Review of science, mathematics and ICT education*, 12(1), 41-60
- Bressoux, P. (2012). L'influence des pratiques enseignantes sur les acquisitions scolaires des élèves. *Regards croisés sur l'économie*, 12(2), 208-217.
- Bruguière, C., Sivade, A., & Cros, D. (2002). Quelle terminologie adopter pour articuler enseignement disciplinaire et enseignement thématique de l'énergie, en classe de première de série scientifique ? *Didaskalia*, 20, 67-100.
- Bru, M., Altet, M., & Blanchard-Laville, C. (2004). À la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue française de pédagogie*, 148(1), 75-87.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 241-266.
- Colonnese, D., Heron, P., Michelini, M., Santi, L., & Stefanel, A. (2012). A vertical pathway for teaching and learning the concept of energy. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 21-50.
- Creemers, B. P. M., & Kyriakides, L. (2008). *The Dynamics of Educational Effectiveness: A Contribution to Policy, Practice and Theory in Contemporary Schools*. Abingdon, Angleterre : Routledge.
- Dumay, X., & Dupriez, V. (2009). *L'efficacité dans l'enseignement: promesses et zones d'ombre (Vol. 1-1)*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.

- Duru-Bellat, M. (2003). Les apprentissages des élèves dans leur contexte : les effets de la composition de l'environnement scolaire. *Carrefours de l'Éducation*, 16(2), 182-206.
- Hogan, K., & Fisherkeller, J. (1996). Representing students' thinking about nutrient cycling in ecosystems: bidimensional coding of a complex topic. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 941-970.
- Kose, S. (2008) A comparative study of science majors and non majors prospective teachers understanding of energy for living organism. *Research Journal of Environmental Science*, 2(5), 377-384
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.
- Leontiev. A. (1981). *Activité Conscience Personnalité*. Moscou : Editions du Progrès (1ère édition 1975, en russe).
- Leplat. J. & Hoc. J.M (1983) tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, 3(1), 43-63
- Mayen, P. (2012). Les situations professionnelles : un point de vue de didactique professionnelle. *Phronesis*, 1(1), 59-67.
- M.E.N. (2015). *Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4)*. Bulletin Officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015.
- Millar, R. (2014). Towards a research-informed teaching sequence for energy. In R.F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J.C. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 187-206). New York: Springer
- Morge, L., & Buty, C. (2014). L'énergie : vers des recherches plurididactiques. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 10, 9-34.
- Reezigt, G. J., & Creemers, B. P. M. (2005). A comprehensive framework for effective school improvement. *School Effectiveness and School Improvement*, 16(4), 407-424.
- Reiner, M., & Eilam, B. (2001). Conceptual classroom environment - a system view of learning. *International Journal of Science Education*, 23(6), 551-568.
- Savoyant, A. (2006). Tâche, activité et formation des actions de travail. *Éducation Permanente*, 166, 127-136.
- Talbot, L. (2012). Les recherches sur les pratiques enseignantes efficaces. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 6(18), 129-140.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18(5), 213.
- Yuenyong, C., & Yuenyong, J. (2007). Grade 1 to 6 Thai students' existing ideas about energy. *Science Education Journal*, 18(4), 289-298.

Problématisation et malentendus scolaires : étude d'une séquence forcée sur la respiration au cycle 3

Chalak, Hana⁽¹⁾, Briaud, Philippe⁽²⁾

⁽¹⁾ Centre de Recherche en Éducation de Nantes CREN, Université de Nantes, INSPE – France

⁽²⁾ Centre de Recherche en Éducation de Nantes CREN, Université de Nantes, INSPE – France

Introduction et problématique de recherche

Le travail en classe avec des séquences « forcées¹ » (Orange, 2010), dont les séances sont élaborées au fur et à mesure par une équipe de recherche formée d'enseignants et de chercheurs, s'avère intéressant pour identifier les conditions favorisant la problématisation chez les élèves. Plusieurs séquences ont déjà été mises en place avec des élèves d'âges différents et ont porté sur des domaines scientifiques variés (articulation du coude en CM1-CM2 ; volcanisme en classe de 4^{ème} et Terminale S ; respiration en classe de CM1-CM2) (Chalak, 2012, 2016 ; Orange et Orange Ravachol, 2007 ; Pastezeur Bizon, 2018). Les résultats de ces recherches montrent que la construction de savoirs problématisés nécessite un travail sur les productions des élèves avec des interventions importantes de l'enseignant et des cadrages (pour un travail sur un problème explicatif, un débat scientifique, etc.) différents de ceux effectués dans les situations ordinaires. Par ailleurs, plusieurs travaux de recherche en sociologie de l'éducation (Bonnéry, 2009 ; Bautier & Rayou, 2013, etc.) montrent que les types de cadrage (faibles/distendus ou forts/étroits) pour guider les

¹Les séances sont construites au fur et à mesure par une équipe de recherche formée d'enseignants et de chercheurs qui se fixent des objectifs de recherche et d'apprentissage. La mise en place de telles séquences nécessite la tenue d'une réunion de recherche avant chaque séance pour évaluer l'avancée des savoirs et préparer la séance suivante. Ces séquences ne sont pas construites dans le but d'être « reproductibles » et « exemplaires » puisqu'elles dépendent d'un cadre théorique bien défini qu'elles cherchent à faire évoluer. Le but de cette démarche collaborative est de créer des phénomènes, des apprentissages et d'explorer de nouveaux territoires de l'espace didactique (Orange, 2010).

activités pourraient générer des malentendus scolaires et des inégalités d'apprentissage chez certains élèves qui donnent un sens différent à ces activités que celui visé par l'enseignant. Ainsi, les malentendus scolaires prennent naissance lorsque les élèves n'arrivent pas à accéder à la logique de l'enseignant et appréhendent un même objet d'une façon différente (Bautier & Rayou, 2013). Les difficultés d'apprentissage pointées par ces chercheurs interrogent nos travaux sur l'apprentissage par problématisation car ils posent la question de l'effet des cadrages impliqués dans les séquences forcées sur la production de malentendus. Dans quelle mesure les séquences forcées pour cadrer les activités des élèves dans des apprentissages par problématisation pourraient-elles être porteuses de malentendus scolaires ? Pour répondre à cette question, nous étudions des entretiens effectués avec des élèves après une séquence forcée sur la respiration et l'approvisionnement du sang en oxygène en classe de CM2 (Buverte, 2014).

Problématisation et malentendus scolaires en sciences

Le cadre théorique de la problématisation (Fabre 2016 ; Orange, 2012), dans lequel s'inscrivent nos recherches, considère que les savoirs scientifiques ne peuvent pas se limiter aux solutions, mais qu'ils sont apodictiques, c'est-à-dire fondés sur des nécessités. Selon ce positionnement, l'enseignement des savoirs scientifiques devrait aider les élèves à construire les problèmes, explorer les possibles, les délimiter et identifier les nécessités sous-jacentes aux solutions. C'est ainsi que les élèves pourront passer de leurs opinions aux savoirs et accéder à des façons de penser qui vont au-delà du sens commun. Les enseignements, pensés dans ce cadre théorique, cherchent à pousser les élèves plus loin que ce qu'ils font habituellement dans les séances ordinaires. Ainsi, les séquences « forcées » construites jusque-là par les équipes de recherche (Chalak, 2012, 2013, 2016 ; Orange et Orange Ravachol, 2007 ; Pastezeur Bizon, 2018) ont eu pour objectif d'aider les élèves à problématiser et à maintenir la focalisation sur les raisons jusqu'au texte de savoir final en faisant appel à des cadrages didactiques spécifiques. Par exemple, le recours à une activité avec des « caricatures² » (Orange, 2012), construites à partir des productions de groupe des élèves à la suite d'un débat scientifique, constitue un dispositif d'aide à la

² Les caricatures résument les explications produites par les groupes d'élèves en mettant en avant les modèles qu'ils proposent. Elles sont dépersonnalisées, car elles ne sont plus attribuées à tel ou tel groupe et sont accompagnées d'un tableau qui demande aux élèves de préciser si les explications proposées peuvent ou non fonctionner et pourquoi.

problématisation (Chalak, 2016). Un travail avec les élèves sur ces caricatures les conduit à explorer les possibles pour les délimiter et garder une trace des argumentations afin de critiquer les modèles explicatifs présentés (Chalak, 2016 ; Orange, 2012). D'autres cadrages sont caractéristiques de ces séquences comme ceux pour conduire le travail sur un problème explicatif afin de recueillir les conceptions des élèves qu'ils confrontent en groupe pour élaborer une explication commune ; le débat collectif pour critiquer les différentes solutions, explorer les possibles et finalement élaborer une trace écrite problématisée en passant par le classement des raisons (ou des arguments)³, l'identification des nécessités et la recherche de la solution (ibid.). Nous pouvons ainsi voir que le processus est plutôt complexe et difficile à mettre en œuvre et nécessite un travail sur les productions des élèves avec des interventions importantes de l'enseignant. Toutefois, certains chercheurs en sociologie de l'éducation (Bautier & Rayou, 2013 ; Bonnéry, 2009) signalent que les « cadrages assez distendus » ou faibles des activités sont imprécis, « laissent souvent leurs attendus dans l'implicite et favorisent donc les élèves qui ont acquis, hors de l'école, les dispositions requises » (Bonnéry, 2015, p. 182). Alors que les « cadrages étroits » ou forts enrôlent les élèves, souvent en difficultés, « dans des tâches déconnectées des enjeux de savoirs notionnels, relevant plutôt de l'exécution [...] ». Dans le premier cas, cela conduit à la fabrication passive d'inégalités d'apprentissage (Bonnéry, 2009), car le dispositif requiert des prédispositions et il « ne cadre pas l'activité de l'élève avec le cheminement intellectuel attendu pour s'approprier le savoir » (ibid., p.15). Dans le deuxième cas, l'activité intellectuelle des élèves n'est pas suffisamment sollicitée et on ne les laisse pas essayer d'aller plus loin pour construire les savoirs scolaires. Ces situations peuvent ainsi entraver les apprentissages d'une partie des élèves, surtout ceux qui sont issus des milieux populaires. Elles peuvent aussi être source de malentendus entre enseignants et élèves (Bautier et Rayou, 2013) car « tous les élèves n'attribuent pas à la tâche proposée la même visée que l'enseignant, sans que cette différence entre les élèves soit toujours visible dans la production réalisée » (ibid., p. 112). Nous signalons que les cadrages dont il est question sont mis en place par l'enseignant et concernent des activités impliquant la construction d'un savoir et dont l'objectif pourrait être implicite pour l'élève.

³ Il s'agit de proposer aux élèves un certain nombre de raisons sélectionnées à partir de ce qu'ils ont écrit sur les caricatures. Ces raisons portent, en négatifs, les nécessités retenues dans les objectifs pédagogiques de la séquence. Par exemple : « ça ne peut pas fonctionner parce que... » s'inverse en « pour que cela fonctionne, il est nécessaire de... ». Le classement des raisons en catégories permet aux élèves d'identifier les nécessités.

La notion de cadrage est différente de celle d'étayage (Bruner, 1983) qui désigne « l'ensemble des interactions d'assistance de l'adulte permettant à l'enfant d'apprendre à organiser ses conduites afin de résoudre seul un problème qu'il ne savait pas résoudre au départ » (*ibid.*, p. 148). Dans ce cas, il s'agit surtout d'interactions qui permettent d'aider l'élève à comprendre le but à atteindre et les moyens d'y parvenir. Ainsi, la notion de malentendu permet de considérer les difficultés et les différences d'apprentissage comme des constructions conjointes de l'enseignant et de l'élève. Elle met au premier plan, « la situation que l'enseignant met en place ou plutôt croit mettre en place, [...] et ce que l'élève en interprète. C'est cette interprétation qui le conduit, volontairement ou non, à mobiliser ou non, des expériences, des connaissances ou des savoirs, à penser l'activité proposée comme relevant d'un apprentissage nouveau, d'une évaluation, d'un rituel scolaire... » (Bautier et Rayou, 2013, p. 102). Pour cela, elle nous paraît intéressante à mobiliser dans le cadre des travaux de recherche que nous menons sur la problématisation pour étudier l'effet des cadrages impliqués dans les séquences problématisées sur la production de malentendus scolaires.

Méthodologie de recherche

Pour répondre à notre question de recherche, nous faisons le choix d'analyser, dans ce chapitre, des entretiens individuels semi-directifs de six élèves (Dorian, Justine, Enzo, Jeanne, Mathis, Evan) réalisés à la suite d'une séquence forcée⁴ construite dans le cadre d'un master de recherche (Buverte, 2014). À travers ce choix, nous souhaitons dans un premier temps étudier ce que les élèves ont retenu au terme de la séquence. L'analyse des débats et des écrits⁵ produits par chacun de ces élèves pourrait compléter, dans un deuxième temps, les résultats obtenus. La séquence menée porte sur la respiration et l'approvisionnement du sang en oxygène en classe de CM2 (Ménard & Pineau, 2006). Composée de 5 séances, elle avait pour but d'aider les élèves à problématiser et ainsi construire des nécessités pour ne pas se contenter de la solution comme seule réponse (tableau 1). Elle comporte une suite de cadrages mentionnés précédemment (travail individuel puis collectif sur un problème explicatif, débat scientifique, travail sur des caricatures, classement des arguments, identification des raisons et des solutions). Nous

⁴ L'équipe est constituée d'une enseignante expérimentée, d'une étudiante en master recherche et d'une didacticienne des SVT.

⁵ Ces analyses ne seront pas présentées dans cette publication.

pouvons qualifier ces cadrages de plutôt « faibles » car les activités réalisées sont peu guidées, la situation de débat est ouverte et le passage des idées aux raisons induit par le travail sur les caricatures puis sur les arguments implique des sauts abstractifs importants de la part des élèves. La problématique suivante : « Comment le sang s’approvisionne-t-il en oxygène ? » a fait l’objet du travail de la classe. Le tableau 1 résume le contenu et les objectifs des séances et présente les productions réalisées. Par son déroulement et son organisation, la séquence mise en place est inhabituelle pour les élèves. Nous pensons que leur compréhension du dispositif didactique serait partielle et que les objectifs d’apprentissage fixés par l’équipe de recherche, à savoir la construction d’un savoir raisonné sur le problème travaillé, ne seront pas totalement atteints. Les malentendus pourraient ainsi porter sur la nature du savoir scientifique à construire (savoir basé sur les bonnes solutions/savoir pourquoi telle solution a été retenue et pas une autre).

Séances	Nature des productions réalisées	Objectifs des séances fixés par l’équipe de recherche
Séances 1 Présentation de la problématique et recueil des conceptions individuelles et de groupe des élèves « Comment le sang s’approvisionne-t-il en oxygène ? »	27 schémas individuels 6 affiches de groupe	Réaliser un diagnostic des systèmes explicatifs spontanés des élèves en rapport avec la respiration et l’approvisionnement du sang en oxygène.
Séance 2 Débat sur les 6 affiches de groupe	Débat n°1	Mettre en jeu les conceptions des élèves et les engager dans un travail de problématisation pour qu’ils produisent des argumentations orales sur les affiches de groupe.
Séances 3 Débat sur les 4 caricatures proposées Critique individuelle écrite de ces caricatures (annexe 3)	Débat n°2 27 productions individuelles sur les caricatures avec des arguments « pour » et « contre »	- Mettre en jeu les conceptions des élèves et les engager dans un travail de problématisation pour qu’ils produisent des argumentations orales sur les caricatures. - Faire le point sur les apprentissages et garder une trace écrite des argumentations des élèves suite au débat sur les caricatures.

<p>Séance 4 et 5 Discussion du classement de 10 arguments « pour » et « contre » sélectionnés à partir des critiques de la caricature D. Tableau collectif avec les nécessités de la respiration Travail sur des documents scientifiques</p>	<p>Discussion collective autour des arguments + classement réalisé au tableau Trace écrite finale avec les nécessités et les solutions (annexe 2)</p>	<p>- Identifier les nécessités de fonctionnement à partir du classement des 10 arguments. - Construire un texte de savoir final avec les nécessités et les solutions.</p>
---	--	--

Tableau n°1 : Description synthétique des séances forcées, de leurs objectifs et des productions réalisées par les élèves

Les élèves interviewés ont été sélectionnés par l'équipe de recherche avec des niveaux de participation différents lors de la séquence. Les entretiens⁶ ont été conduits quelques jours après la fin de la séquence pour identifier le degré de compréhension par les élèves du travail qu'ils ont effectué au sein du dispositif didactique mis en place et de mesurer l'atteinte des objectifs d'apprentissages fixés. Les questions posées lors de l'entretien (annexe 1) les poussent d'abord à dire ce qui s'est passé pendant la séquence et à expliciter ce qu'ils ont compris de la démarche effectuée en prenant appui sur les différentes productions exposées devant eux (écrits individuels, de groupe, collectif, etc.). Ensuite, elles sollicitent leur avis par rapport à d'autres démarches d'enseignements et cherchent à identifier ce qu'ils ont retenu de la respiration et son fonctionnement au terme de la séquence. Enfin, les élèves sont amenés à désigner le moment le plus riche qui leur a permis de mieux comprendre et pointer les éléments qui auraient pu améliorer leur apprentissage.

Notre corpus est constitué des enregistrements vidéo des entretiens semi-directifs réalisés avec ces élèves et de leurs transcriptions. L'analyse est effectuée suivant un regroupement en quatre items qui constituent les thématiques les plus importantes abordées au cours des entretiens :

- la compréhension du déroulement de la séquence par les élèves ;
- la comparaison entre la démarche suivie et celle des autres enseignements ;
- les savoirs construits sur la respiration et son fonctionnement ;
- le moment le plus riche du point de vue des apprentissages.

⁶ Cette méthodologie est inspirée des travaux de thèse de Pasteur Bizon (2018).

Les deux premiers items nous permettent de mesurer si les élèves identifient et relient les modalités de déroulement des différentes activités aux enjeux pour leurs apprentissages. Les deux derniers nous servent à vérifier quels apprentissages ils ont réalisés et comment ils pensent les avoirs appris. L'ensemble des questions doit nous permettre de caractériser si, et comment, le cadrage des situations forcées pour faire problématiser les élèves induit des malentendus scolaires et des inégalités d'apprentissage.

Résultats et discussion

Pour chacun de ces items, nous présentons ce qui ressort de l'analyse des entretiens avec les élèves questionnés.

La compréhension du déroulement de la séquence par les élèves

L'objectif de cette partie est de savoir ce que les élèves ont retenu de la séquence vécue, d'identifier les moments qu'ils citent le plus et qui les ont marqués (questions 1 et 2 de l'entretien en annexe 1). Le tableau 2 ci-dessous reprend, pour chaque élève, les étapes citées de la démarche et le rôle des caricatures lorsqu'il est évoqué. Nous nous intéressons également au rôle des caricatures (annexe 3) du point de vue des élèves car ce dispositif est nouveau pour eux⁷.

Elève	Les étapes de la démarche mentionnées	Rôle des caricatures
Dorian	Mentionne la première partie de la démarche (travail individuel puis de groupe).	Aucune caricature ne fonctionnait et il était d'accord avec ce qu'il a écrit à propos de celles-ci.
Justine	Décrit les actions réalisées (écrire, dessiner, colorier, faire le résumé, discuter) lors de chacune des étapes. Souligne l'importance des débats	Les élèves travaillaient sur des silhouettes différentes et devaient écrire si c'était possible ou pas et pourquoi. Elle les commente en disant qu'une seule fonctionnait alors que les autres non et en disant pourquoi.
Enzo	Rappelle le problème de départ puis ce qui a été fait pendant les différentes phases (dessiner, décrire, écrire un texte, réfléchir, critiquer)	Il a expliqué si le corps pouvait fonctionner ou non selon les caricatures. Elles permettent de repérer ce que chacun a retenu comme solution.

⁷ La mise en place des débats est également nouvelle pour eux en sciences, mais ils ont l'occasion de participer à des débats dans d'autres enseignements.

Jeanne	Ne se rappelle pas de la démarche. Il était difficile pendant le travail de groupe de se mettre d'accord avec les autres. Son avis a été pris en compte une seule fois. Elle ne savait pas trop quelles questions poser pendant le débat.	Les caricatures étaient faciles à comprendre, car elles étaient très schématiques et seule la D a attiré son attention. Ils ont rempli des tableaux pour dire qu'on a mieux compris ou appris.
Mathis	Rappelle le problème de départ, le schéma individuel et de groupe. Commente la trace écrite finale	Avis mitigé sur les caricatures, car elles ne sont pas « vraies » Ne sait plus ce qu'il a fait sur les arguments
Evan	Rappelle le problème de départ et les moments et les productions réalisées (schéma individuel avec un petit texte pour expliquer, fiche en groupe puis il y a eu un débat où les élèves ont essayé de s'expliquer, de se mettre d'accord).	Les caricatures avaient pour rôle de mieux comprendre le système respiratoire et savoir quel modèle était le mieux. Les élèves ont mis oui ou non si ça marchait et ont expliqué pourquoi. Et après la respiration a été vraiment apprise.

Tableau n°2 : Le déroulement de la séquence selon les élèves

L'analyse montre que les élèves ne convoquent pas tous les mêmes étapes de la séquence. Dorian et Mathis, par exemple, mentionnent uniquement la première étape de la démarche avec le travail individuel puis le travail de groupe alors que Evan, Enzo et Justine mentionnent le débat en plus. Enzo et Justine vont un peu plus loin en revenant de façon explicite sur le travail sur les caricatures. En plus de mettre en avant les étapes de la démarche, Enzo pointe les différentes modalités de travail : « 48. E. Parce que là c'était à peu près facile (montre le travail individuel), t'avais juste à colorier et expliquer selon toi ce qui se passait. Ici, c'est selon vous 4 (affiche de groupe), nous 4 (élèves du groupe) et ici c'était, selon toi, ce que tu as retenu (montre les caricatures). ». Justine mentionne les actions réalisées lors de la séquence et voici comment elle décrit la démarche du travail individuel jusqu'aux caricatures : « 20 Ju. Là on a discuté et là on a fait une fiche, on a fait un dessin, on a recopié un dessin et on devait colorier et après on a eu une fiche où c'était marqué les 4 étapes et on devait marquer comment, en fonction des étapes, comment on pensait que ça se déroulait. ». Ainsi, mêmes si ces élèves convoquent des moments différents de la séquence, nous pouvons pointer que c'est le début de la séquence jusqu'au débat scientifique qui les a visiblement marqués. La suite de la démarche, avec le débat sur les caricatures, le travail sur les arguments, leur classement et la construction de la trace écrite, n'est pas clairement évoquée. En revanche, Jeanne ne se rappelle plus vraiment de la démarche : « 10. Je. On devait ajouter des trucs et écrire un texte sur comment ça marchait ». Elle évoque lors de l'entretien des difficultés à se mettre d'accord avec les

autres lors du travail de groupe. En effet, son avis a été pris en compte une seule fois lors des discussions.

A propos des différents moments de la séquence, Enzo pense, pour le débat, qu'il s'agissait de critiquer les affiches pour savoir ce qu'il fallait retenir ou non pour se rapprocher d'une solution : « 28 En. [...], on a parlé enfin des affiches, justement celles où il y avait des problèmes et celles où ça allait. Et on critiquait, gentiment toujours, pour savoir si c'était bien ou pas et on s'est approché d'une solution. ». Or, la recherche de la solution n'était pas forcément l'objectif principal du débat tel qu'il était construit par l'enseignante et l'équipe de recherche. Justine accorde une place importante aux débats et aux échanges avec les autres dans la compréhension des notions scientifiques : « 22. Ju. [...], et après on mettait tout ce qu'on pensait en débat avec toute la classe, donc on pouvait mieux comprendre ce qu'on n'avait pas déjà, ce qu'on n'avait pas compris. Il y avait d'autres élèves qui nous disaient, qui nous disaient enfin ce qu'on n'avait pas encore compris, et du coup, ils nous éclairaient. ». Toutefois, ce moment a posé un problème pour Jeanne qui ne savait pas trop quelles questions poser.

Concernant les caricatures, Dorian précise qu'aucune caricature ne fonctionnait. Pour Justine, le travail consistait à dire si les silhouettes différentes fonctionnaient en argumentant : « 16 Ju. Là, on devait écrire, il y avait des silhouettes et puis elles étaient toutes différentes et on devait dire si c'était possible ou si c'était pas possible, si ça marchait. Et on devait écrire pourquoi, pour ça. ». Lorsqu'on lui demande de commenter les caricatures, ses propos font à la fois l'inventaire des organes qui manquent et indiquent la nécessité du passage dans les deux poumons (60) et d'un lien entre ceux-ci et le cœur (64) (C=Chercheur).

60 Ju. Ben là, il y a, il faut que l'air passe dans les deux poumons. Donc euh...

61 C. Non mais c'est oui, d'accord continue.

62 Ju. Celle-là elle est fausse (la première caricature).

63 C. Oui.

64 Ju. Là (la 2ème caricature), ben elle n'est pas rejetée, il n'y a pas flèche, l'air, donc euh ça ne marche pas. Donc euh, j'ai appris que, enfin, que, on pouvait ne pas mourir avec un seul poumon. Donc euh là, ben (la 3ème), les poumons ne sont pas du tout reliés au cœur, donc ça ne marche pas. Et là et puis là en plus (montre la 2 et la 3) il n'y a pas d'alvéoles pulmonaires et là (la 4), il marche parce que le cœur est relié aux poumons il y a des alvéoles pulmonaires et les flèches sont bien marquées donc ça fait que ça marche.

Le travail sur les caricatures a permis à Enzo d'expliquer si le corps pouvait fonctionner selon les quatre modèles explicatifs : « 32 En. J'ai expliqué si oui ou non le corps pouvait fonctionner comme si c'était là ou pas. ». Il a permis à Evan de mieux comprendre le système respiratoire et de savoir lequel était le mieux. Mathis ne sait plus ce qu'il a fait des arguments et avance un avis mitigé sur les caricatures en se questionnant par rapport à leur utilisation comme elles ne sont pas « vraies » :

« 48. Ma. Mais ce qui n'est pas trop logique, c'est ça (montre les caricatures) parce que là les différentes caricatures ben c'est pas, ça ne correspond pas mais je veux dire ben si c'est bien, c'est pour l'apprentissage. »

« 52. Ma. Ça ne peut pas être la vérité. C'est pour ça que je dis ça. Mais il y a des choses qui sont vraies. »

La comparaison entre la démarche suivie et celle des autres enseignements

Les élèves ont avancé un avis général positif sur la démarche suivie qui a facilité leurs apprentissages : « 22. Ju. Ben ça a été facile enfin plus facile parce qu'on a fait étape par étape donc on avait plus le temps de comprendre, et après on mettait tout ce qu'on pensait en débat avec toute la classe... ». Cette démarche leur permet de chercher, construire ensemble et débattre sans intervention de l'enseignante (Mathis). De plus, les informations sont données au fur et à mesure aux élèves à partir de ce qu'ils savent (Evan) et via un travail individuel, puis de groupe puis un débat (Jeanne). Les débats permettent de partager ses idées avec les autres et la démarche laissait le temps nécessaire aux élèves pour comprendre (Justine).

En comparant cette démarche avec celle des autres enseignements, Dorian insiste sur la nécessité de bien comprendre les choses et non pas les apprendre par cœur. « 50. D. [...] on apprend de nous-mêmes et aussi ben ça nous permet de partager les avis et de progresser tous ensemble donc c'est mieux que quand on fait une fiche individuelle. ». Justine signale que les autres démarches fonctionnent, mais la séquence vécue donne plus de temps aux élèves pour mieux comprendre, mémoriser et prend en compte leur avis :

« 40. Ju. On comprend mieux, Mme x, elle prend le temps de nous expliquer ce qu'on n'a pas encore compris donc euh c'est mieux parce que... »

« 44. Ju. Oui parce qu'elle fait donner à tous les élèves leur avis, et on comprend mieux ce qu'ils pensent donc euh... »

Enzo préfère la démarche suivie car la réponse n'est pas donnée directement et les élèves doivent raisonner :

« 58. En. Ben parce qu'on ne t'oblige pas à avoir la réponse directement, il faut qu'il y ait des connexions dans ton cerveau. Et par exemple tu dois le faire de toi-même. On ne va pas te donner la réponse directement et ça c'est mieux que l'année dernière où on utilisait les réponses directement et tu devais apprendre par cœur. »

Jeanne précise qu'elle apprend mieux avec la classe que seule à la maison. Evan apprend selon les différentes méthodes, mais il met en avant l'apport progressif des connaissances lors de la démarche vécue. Visiblement, c'est la construction collective par étapes des apprentissages qui a été retenue par la majorité des élèves. Pour eux, la démarche suivie leur permet de trouver la bonne solution.

Les savoirs construits sur la respiration et son fonctionnement

Lorsqu'il s'agit d'expliquer le fonctionnement de la respiration, les six élèves restent sur des savoirs descriptifs avec une « mise en histoire » (Orange Ravachol, 2012). En effet, ils racontent le trajet de l'air dans les poumons et ne reviennent pas sur les argumentations et les nécessités construites lors de la séquence (tri, distribution, etc.) et retenues dans la trace écrite finale (annexe 2). Voici par exemple comment Enzo, puis Mathis, expliquent le fonctionnement de la respiration :

« 102. En. Ça passe par le nez ou la bouche, ensuite ça va vers les poumons. Il y a les alvéoles pulmonaires qui trient l'air mais que l'oxygène qui va vers le cœur. Ensuite, c'est les globules rouges qui récupèrent l'oxygène. Ça va dans le muscle qui a besoin d'oxygène. Le muscle il l'utilise et rejette du dioxyde de carbone. Ça retourne dans le cœur et le cœur envoie et ça repasse par les alvéoles pulmonaires et le dioxyde de carbone ressort. ».

« 68. Ma. Ben on inspire par le nez ou pas la bouche, après ça passe dans la trachée-artère, ça arrive dans les poumons, et dans les alvéoles pulmonaires. Après dans les alvéoles pulmonaires et les ... comment dire ? il y a l'air, les alvéoles pulmonaires, il lave un peu en quelque sorte... »

« 70. Ma. « Il lave un peu en quelque sorte parce qu'après il n'y a plus que de l'oxygène et le ...g... et tout le reste de l'air, il reste il ne passe pas et après les alvéoles pulmonaires, l'oxygène, plutôt le dioxygène c'est mieux de dire ça, passe dans le sang et va dans un muscle ».

Cela montre que les élèves n'ont pas saisi l'importance de la construction des nécessités comme enjeu de savoir. Nous repérons cela également lorsque Mathis (18) commente la

trace écrite finale en évoquant l'entrée de l'air et son tri au niveau des alvéoles sans expliciter leur caractère de nécessités :

17 C. [...] Et ça qu'est-ce que c'est ? (montre la trace écrite finale)

18 Ma. Ça c'est, on a fait l'entrée de l'air, quand l'air entre par les différents organes, par exemple le nez ou la bouche ensuite passe par la trachée-artère dans les bronches dans les poumons et puis ça se contracte avec le diaphragme après le tri de l'air au niveau des alvéoles pulmonaires et le passage de l'O₂ dans le sang.

Par ailleurs, les élèves ont signalé des apports de connaissances (description des alvéoles pulmonaires et de leur fonctionnement, rôle des muscles intercostaux et du diaphragme) lors de la séquence :

108 Je. Ben en fait avant j'avais oublié qu'il y avait des alvéoles pulmonaires et je sais aussi que quand on les déplie ça fait la taille d'un terrain de tennis.

32. D. J'ai appris, j'ai vu à quoi ça ressemblait une alvéole pulmonaire, je ne m'attendais pas du tout à ça.

Ces propos montrent ainsi que la connaissance des structures, leur description et leur fonctionnement intéressent bien les élèves. Toutefois, nous signalons que ces connaissances sont descriptives et non fonctionnelles. Ainsi, nous pouvons constater que l'importance de l'argumentation et de l'identification des nécessités en plus des solutions n'a pas été vraiment retenue. Par conséquent, nous pouvons dire que les objectifs d'apprentissage fixés par l'équipe de recherche, à savoir la construction d'un savoir raisonné sur la respiration et l'approvisionnement du sang en oxygène, n'ont pas été atteints. Cela nous permet de repérer des malentendus étant donné que la logique du groupe de recherche n'a pas été comprise par les élèves.

Le moment le plus riche du point de vue des apprentissages

En réponse à la question « Quel est le moment le plus riche pour toi, qui t'as permis d'apprendre le plus, qui t'as marqué pour comprendre la respiration, en particulier ? », deux moments ont été exclusivement évoqués par les élèves : le travail de groupe et le débat scientifique comme l'illustrent les propos ci-dessous de Dorian, de Justine et de Jeanne :

« 56. D. « Celui-ci (montre l'affiche de groupe). Parce qu'on a d'abord travaillé en groupe, on a partagé nos avis et après on est passé tous les uns après les autres pour expliquer, et

les autres nous critiquaient pour nous dire ce qui était mieux ou moins bien. Donc pour moi, c'était celui-là le mieux » ;

« 68. Ju. Parce que les débats, hum, tout le monde disait leur avis, enfin s'ils voulaient et du coup on comprenait mieux les avis des autres et puis on comprenait pourquoi ils pensaient ça, on pouvait les contredire euh les approuver et tout ça donc euh ».

« 126. Je. Ben on comprenait parce qu'il y en a qui disent non mais c'est pas ça, mais c'est ça, mais c'est ça. A la fin on arrive tous au même niveau et du coup ben... ».

Ces propos montrent que les moments de travail de groupe et de débat ont été importants pour les élèves. Ils ont favorisé les discussions, les critiques, le partage et la prise en compte des différents avis, ce qui fait partie du travail de problématisation. Toutefois, comme nous l'avons signalé dans les paragraphes précédents, ces moments avaient pour objectif d'identifier la bonne solution.

Conclusion

L'objectif des entretiens menés avec les élèves après la séquence forcée était d'identifier le degré de leur compréhension du dispositif didactique mis en place et de l'atteinte des objectifs d'apprentissage fixés par l'équipe de recherche. Nous avons également souhaité savoir si ce dispositif était porteur de malentendus scolaires. L'analyse des entretiens nous permet de constater que les élèves reviennent principalement sur les phases de travail individuel, de groupe et sur le débat scientifique. Ils considèrent que le débat permet d'expliquer leurs idées aux autres et de critiquer ce qui est vrai ou faux pour arriver à la bonne solution. La suite de la séquence avec les phases de critique des caricatures, classement des arguments, identification des nécessités et construction du texte de savoir n'a pas particulièrement marqué les élèves. Ils n'ont probablement pas compris le rôle de ces différentes étapes alors que leurs objectifs ont bien été explicités par l'enseignante lors des séances. Certains élèves ont relevé le rôle des caricatures qui les invitaient à s'exprimer sur le fonctionnement de la respiration en argumentant alors que d'autres ont précisé qu'elles permettaient d'identifier la bonne solution. La focalisation des élèves sur la solution semble être un obstacle à l'apprentissage visé et la séquence avait justement pour but de la dépasser. Nous la repérons aussi dans leurs propos sur les apprentissages construits après la séquence. L'ensemble de nos analyses nous permettent de dire que la compréhension du dispositif didactique était partielle et que les objectifs d'apprentissages basés sur la construction de savoirs problématisés n'ont pas été complètement atteints. Ainsi, les malentendus repérés concernent le contrat didactique et portent sur la nature du

savoir scientifique à construire. Il est important de poursuivre cette analyse avec celle des productions individuelles (écrites ou orales) au fil des séances afin de mettre en relation les savoirs mobilisés par ces élèves et ce qu'ils en disent après la séquence. Toutefois, nous signalons que cette séquence a été mise en place de façon ponctuelle pendant l'année scolaire ce qui constitue une limite de cette recherche. Nous nous demandons si les malentendus identifiés ne pourraient pas être dépassés avec la mise en place de plusieurs séquences problématisées à différentes périodes de l'année.

Bibliographie

- Bautier, É., & Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : Presses universitaires de France.
- Buverte, M. (2014). *La construction problématisée des savoirs scientifiques dans une séquence d'enseignement-apprentissage au cycle 3*. Mémoire de Master de recherche, Université de Nantes, non publié.
- Bonnéry, S. (2009). Scénarisation des dispositifs pédagogiques et inégalités d'apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 167, 13-23.
- Bonnéry, S. (2015). Supports pédagogiques et inégalités scolaires. Paris : La Dispute.
- Bruner, J.S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : Puf.
- Chalak, H. (2012). Problématisation et construction de textes de savoirs dans le domaine du magmatisme au collège. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 6, 119-160.
- Chalak, H. (2013). Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège. *Recherches en Éducation*, H.S. 5, 100-112.
- Chalak, H. (2016). Outils d'aide à la problématisation : l'utilisation des caricatures autour du magmatisme des zones de subduction en terminale S. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 14, 63-94.
- Fabre, M. (2016). *Le sens du problème. Problématiser à l'école ?* Louvain-la-Neuve : De Boeck.
- Ménard, I. & Pineau, V. (2006). La respiration humaine au cycle 3. Problèmes construits et registres explicatifs mobilisés par les élèves dans le débat scientifique. *ASTER*, 42, 109-134.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier d'enseignant. *Recherches en éducation*, hors-série 2, 73-85.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Orange, C. & Orange Ravachol, D. (2007). Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire. In *Actes des cinquièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST* (pp. 305-312).
- Orange Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre. Entre phénomènes et événements*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Pastezeur Bizon, C. (2018). *Rapports à la problématisation des élèves de l'école primaire en sciences : étude des décalages entre les points de vue des élèves, de l'enseignante et de la chercheuse*. Thèse de doctorat, Nantes : université de Nantes, nombre de pages (thèse non publiée).

Annexes

Annexe 1 : Guide de l'entretien semi-directif réalisé avec les élèves (Buvette, 2014)

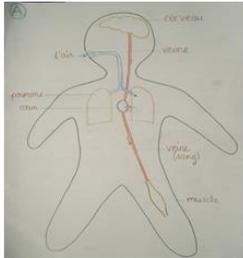
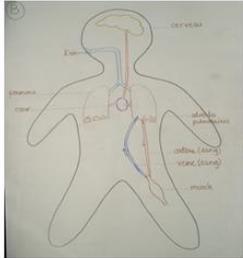
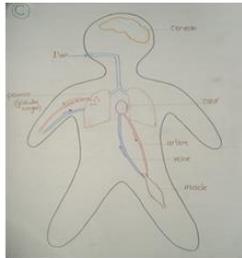
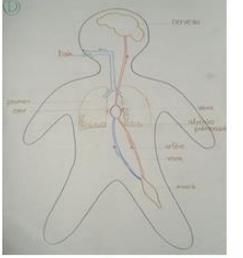
1. Raconte-moi ce qui s'est passé pendant la séquence de la respiration.
2. Est-ce que tu as compris ce qui s'est passé ? (La démarche, la méthodologie, la progression des contenus, le suivi de l'enseignante...)
3. Qu'est-ce que tu en penses par rapport à d'autres enseignements de Mme D. / d'autres enseignements en CM1 / en Histoire, etc. Explique-moi...pourquoi ?
4. Qu'est-ce que tu as retenu sur la respiration ? (*Explication des contenus*)
5. Comment tes idées sur la respiration ont-elles évolué ? (*À partir de leurs productions*)
6. Quel est le moment le plus riche pour toi, qui t'a permis d'apprendre le plus, qui t'a marqué pour comprendre la respiration, en particulier ? Pourquoi ?
7. Qu'est-ce qui manque (à faire, à comprendre, à apprendre) qu'aurait pu te permettre d'apprendre plus ? Pourquoi ?

Annexe 2 : Texte de savoir final construit à la fin de la séquence (Buvette, 2014)

Pour que le sang s'approvisionne en oxygène en continu, il faut				
	1. Une entrée de l'air	2. Un tri et un passage de l'O ₂ dans le sang	3. Un transport et une distribution aux organes	4. Un retour du CO ₂ produit et un rejet
Où?	- Bouche, nez, trachée-artère - Bronches - Poumons	- Alvéoles pulmonaires - Vaisseaux sanguins (artères)	- Globules rouges - Artères - Muscles, organes - Cœur - Veines	- Veines - Poumons - Alvéoles pulmonaires - Trachée-artère - Bouche, nez
Comment ?	On inspire de l'air (bouche/nez) qui passe par la trachée-artère, les bronches et les poumons grâce à la contraction du diaphragme	L'air est trié par les alvéoles pulmonaires pour ne laisser passer que l'oxygène vers les vaisseaux sanguins	Le sang oxygéné (globules rouges conduisent l'O ₂) va dans le cœur pour être propulsé et pompé via les artères vers les organes et les muscles.	L'oxygène est utilisé et remplacé par le CO ₂ , il remonte par les veines jusqu'au cœur qui l'envoie vers les poumons. Le diaphragme se contracte pour faire le chemin inverse.

Annexe 3 : Document distribué aux élèves suite au débat scientifique (Buvette, 2014)

Problème : Comment le sang s’approvisionne-t-il en oxygène ?

Préciser pour chacun des schémas si cela peut ou non fonctionner et pourquoi ?				
Schémas et texte explicatif				
	L'air passe dans les poumons, puis dans le cœur qui le distribue aux muscles et aux organes par les veines.	L'air passe dans les poumons, puis dans les alvéoles pulmonaires. Après les artères distribuent l'oxygène qui est utilisé par les muscles. Les veines ramènent le gaz carbonique, produit par les muscles, jusqu'aux poumons qui le rejettent.	L'air rentre aux poumons, où les globules rouges transportent l'oxygène aux organes. Le cœur propulse le sang par les artères vers les muscles et les veines le ramènent au cœur.	L'air va dans les poumons, puis dans les alvéoles pulmonaires. L'oxygène passe dans le cœur par les veines, puis il est distribué par les artères vers les muscles. Ceux-ci utilisent l'oxygène et produisent le gaz carbonique, qui est transporté par les veines au cœur puis envoyé aux poumons pour être rejeté.
	Peut-il fonctionner ? (oui / non)			
	Pourquoi ?			

Conceptualisation du vivant dans le cadre d'une démarche d'investigation scientifique chez de jeunes élèves du cycle 1 primaire : le rôle de l'habillage de la situation

Roy, Patrick⁽¹⁾, Marlot, Corinne⁽²⁾

⁽¹⁾Unité de recherche Enseignement et apprentissage des disciplines scientifiques (UR EADS), Haute école pédagogique Fribourg – Suisse

⁽²⁾Unité de recherche Mathématiques et Sciences (UR MS), Haute école pédagogique Vaud – Suisse

Problématique

Dans le cadre d'un projet de recherche en Suisse romande, une Communauté Discursive de Pratiques (CDP) (Marlot & Roy, 2020) a été mise en place afin d'engager un collectif de chercheurs didacticiens et d'enseignants dans la formulation et le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur la caractérisation du vivant au cycle 1 du primaire (élèves de 4 à 7 ans). L'enseignement de ce concept inscrit au Plan d'étude romand (PER) (CIIP, 2010) pose de nombreux défis à l'école primaire. Les travaux de Nury, Lamarque et Caron (1996) et de Rolland et Marzin (1996) ont mis en lumière plusieurs conceptions alternatives des élèves du primaire à son sujet, parmi lesquelles la formulation de « critères hégémoniques » véhiculant une conception hiérarchique des êtres vivants, la non-reconnaissance de l'unité du vivant (absence de généralisation) et l'anthropomorphisme. Ces formes de fonctionnement de la pensée enfantine constituent des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1993/1938) à la construction du savoir scientifique. Leur dépassement nécessite de construire les conditions d'une entrée des jeunes élèves dans la culture scientifique (Grancher, Lhoste, & Schneeberger, 2015). Une des modalités de cette acculturation consiste à engager les élèves dans des démarches d'enquête les conduisant à construire un rapport problématisé au savoir. Mais le recours à

de telles démarches en classe n'est pas une chose triviale comme le mettent en évidence plusieurs travaux (ex. : Anderson, 2007 ; Barman, 2002 ; Calmettes, 2010 ; Hayes, 2002 ; Marlot & Morge, 2016 ; Windschitl, 2004). Dans la phase initiale de mise en œuvre de notre CDP, un entretien d'explicitation (Martinez, 1997 ; Vermersch, 2019) intégrant un dispositif méthodologique de photolangage mené auprès d'une dizaine d'enseignants du primaire a mis en évidence que les formes d'investigation adoptées en classe par ces enseignants sur la thématique du vivant relevaient essentiellement du tâtonnement expérimental, parfois de la familiarisation pratique (Coquidé, 2007) ou de modalités qui maintiennent les élèves – dans le meilleur des cas – dans un registre de formulation que l'on peut assimiler à celui des objets et des évènements selon le modèle de la théorie des deux mondes (Tiberghien, 1994). Marquées par une absence d'articulation entre la problématisation et la conceptualisation, ces formes d'investigation présentent un faible potentiel pour la production de savoirs raisonnés (Orange, 2005). Ces résultats convergent avec d'autres travaux réalisés antérieurement. Par exemple, l'étude de Roy (2018a) réalisée auprès d'une vingtaine d'enseignants fribourgeois du primaire et du secondaire a montré que ceux-ci témoignent d'une compréhension partielle de la démarche d'investigation scientifique (DIS). La phase de problématisation poserait des défis particuliers. En effet, le point de départ de cette démarche consiste fréquemment à proposer aux élèves une question à investiguer plutôt que de leur poser une situation problématisante permettant de faire émerger des questions fécondes¹ de recherche (Roy, 2018b) par ces derniers. Lorsqu'une situation problématisante est proposée, elle est très souvent centrée sur des aspects motivationnels. La fonction sociale de référence, c'est-à-dire la résonance de la situation avec la réalité sociale de l'élève (pôle sociologique), prédomine sur deux autres fonctions essentielles à la problématisation (Fabre, 1999, 2005) : la fonction de signification se référant au savoir à faire apprendre (pôle épistémologique) et la fonction d'expression se référant à l'accessibilité de ce savoir (pôle psychologique). Dans le contexte français, l'ouvrage collectif de Marlot et Morge (2016) fait état des nombreuses difficultés rencontrées par les enseignants novices et expérimentés à faire produire des idées explicatives aux élèves dans le cadre d'une investigation scientifique.

¹ Selon Roy (2018b, p. 105), dans une démarche d'investigation, les questions fécondes « sont des questions en relation avec la problématique qui peuvent déboucher sur des hypothèses plausibles et conduire à des explications ou des modélisations du phénomène à l'étude dans la phase de conceptualisation ».

Ces résultats ont alimenté notre intérêt pour instaurer une CDP dont les assises conceptuelles et méthodologiques² sont articulées autour de quatre construits mis en relation : la communauté de pratique (Lave & Wenger, 1991), l’ingénierie didactique coopérative (Sensevy, Forest, Quilio & Morales, 2013), la communauté discursive disciplinaire (Bernié, 2002) et les objets bifaces (Marlot, Toullec-Théry & Daguzon, 2017). Dans sa mise en œuvre, la CDP permet de construire un espace interprétatif partagé (Ligozat & Marlot, 2016) entre chercheurs didacticiens et praticiens qui, dans notre cas, est relatif à l’analyse de modalités de mise en œuvre (possibles et effectives) d’une DIS chez de jeunes élèves du primaire. Le fonctionnement de cette CDP vise par ailleurs à développer les compétences des enseignants à concevoir des séquences d’enseignement favorisant le passage de la familiarisation pratique (Coquidé, 2007) à des formes d’investigation plus scientifiques. Ainsi, la CDP inscrit le travail de ces différents acteurs dans un processus dynamique de configuration et de reconfiguration de séquences d’enseignement-apprentissage en s’appuyant sur un cahier des charges définissant des règles de conception sur l’enseignement des sciences en général, et sur celui du vivant en particulier. Dans la CDP, les enseignants n’ont ni le statut de simples passeurs de savoirs ni celui de développeurs de savoirs pratiques, et encore moins celui d’applicateurs de savoirs de la recherche. De ce fait, le cahier des charges coconstruit au sein du collectif laisse place à des initiatives individuelles dans la manière d’opérationnaliser l’enseignement d’un thème commun : la caractérisation du vivant. Ainsi, deux équipes d’enseignants de la communauté de pratiques ont adopté trois règles de conception communes sur l’enseignement du vivant lors de la conception initiale de leur séquence d’enseignement : 1) Se distancier de l’idée véhiculée dans le PER et les moyens d’enseignement que la notion de vivant se construit selon une perspective dichotomique « vivant/non vivant » ; 2) Aborder le vivant par l’étude comparative de la fonction biologique de croissance chez le végétal et l’humain ; 3) Faire construire aux élèves la non-pertinence du mouvement comme critère de caractérisation du vivant. Pour autant, les séquences construites par ces deux équipes diffèrent nettement sur le plan de la contextualisation de la situation problématisante proposée. La première équipe d’enseignants propose d’engager les élèves dans une situation fictive qui met en scène un

² Les assises conceptuelles et méthodologiques de ce dispositif de recherche-formation sont développés dans le texte de Marlot, C. et Roy, P. (sous presse).

personnage de lutin de la forêt qui offre aux élèves un sac de graines de divers végétaux dont il va falloir prendre soin alors que la seconde équipe fait endosser aux élèves le rôle de détective au travers d'un personnage (le chercheur) et d'un outil de collecte de données (le cahier d'expérience). Ces deux habillages (selon Bautier & Rochex, 2004) des situations initiales nous conduisent à nous questionner sur leur potentiel quant à la production d'idées explicatives par l'ensemble des élèves de la classe. C'est dans cette problématique que s'inscrit ce chapitre. Il vise à répondre à la question de recherche suivante : comment l'habillage d'une situation problématisante sur la caractérisation du vivant peut-il influencer la production d'idées explicatives sur la caractérisation du vivant chez de jeunes élèves du cycle 1 ? Pour des raisons d'espace, seuls seront présentés les résultats de la pratique d'enseignement d'une enseignante de la première équipe que nous désignerons par la suite par le nom fictif de Mélinda.

Cadre théorique

Le cadre théorique est articulé autour de quatre concepts-clés interreliés.

- Le concept de vivant qui fait encore l'objet de nombreux débats dans la communauté scientifique, et pour lequel il n'existe aucune définition consensuelle (Kostyrka, 2014). Dans leur tentative de réaliser une analyse épistémologique des savoirs savants relatifs au vivant à partir des différentes contributions de l'ouvrage de Bersini et Reisse (2007), *Comment définir la vie ?* Grancher, Lhoste et Schneeberger (2015) mettent en exergue la coexistence d'une pluralité de définitions et citent Morange (2007, p. 69) pour dire que « la définition de la vie n'est pas à chercher dans une ou quelques caractéristiques qui lui seraient propres, mais dans la réunion et le couplage de ces caractéristiques ». Dès l'école primaire, nous défendons l'idée de caractériser le vivant par ses fonctions biologiques de nutrition, de reproduction, de croissance, etc.
- La démarche scientifique à l'école que nous appelons indifféremment démarche d'investigation scientifique (DIS), et qui est décrite par de nombreux auteurs (Cariou, 2015 ; Dewey, 1993/1938 ; Fabre, 1999 ; Hasni & Samson, 2008a ; Orange, 2005), pour ne citer que ceux-là. Pour notre part, nous l'appréhendons comme un processus cyclique et dynamique s'articulant autour de quatre phases dynamiques : une phase de problématisation, une phase de planification, une phase d'investigation (qui correspond à la confrontation au réel) et une phase de

conceptualisation (Roy & Gremaud, 2017). Le degré de guidage de l’enquête par l’enseignant peut varier sur un continuum allant de l’investigation ouverte à l’investigation structurée en passant par l’investigation guidée (Windschitl, 2002). Contrairement à la familiarisation pratique (Coquidé, 2007) qui consiste à engager les élèves dans une exploration du réel dont le registre de formulation peut être assimilé à celui des objets et des événements, la démarche scientifique les conduit dans un registre de formulation mettant en relation le monde des objets et des événements avec celui des théories et des modèles (Tiberghien, 1994).

- La problématisation qui se réfère au processus de construction d’une situation-problème à partir d’une situation problématisante (Dewey, 1993/1938 ; Fabre, 1999 ; Hasni & Samson, 2008b ; Lenoir, 2014 ; Orange, 2005 ; Roy & Gremaud, 2017), et qui ne peut être dissociée de la DIS. Nous insistons sur le fait qu’une situation problématisante est pertinente si elle présente un juste équilibre entre les pôles épistémologique, psychologique et social, et si sa contextualisation favorise une articulation entre problématisation et conceptualisation (Hasni & Roy, 2008 ; Hasni, 2011) par un processus d’abstraction (Barth, 1987, 2002) visant à construire des attributs caractéristiques du savoir en jeu. En référence à ce processus, l’« habillage d’une situation » se réfère à la nature de la contextualisation de la situation problématisante. On dira que l’habillage de la situation revêt de la réalité s’il s’appuie sur des éléments du registre empirique alors qu’il revêt de la fiction s’il s’appuie sur des idées du monde imaginaire.
- La pratique d’enseignement que nous appréhendons comme activité adressée, finalisée, multimodale et multidimensionnelle, à la fois universelle et singulière (Altet, 2002 ; Bressoux, Bru, Altet & Leconte-Lambert, 1999 ; Lenoir *et al.*, 2007 ; Roy, 2018b), et comme action conjointe d’enseignement-apprentissage (Sensevy, 2011) qui, dans le langage théorique du chercheur donne lieu à une succession de jeux d’apprentissage qui traduisent au cours du temps l’évolution du contrat didactique et du milieu, et autorisent (ou pas) la construction de significations partagées vis-à-vis du savoir visé.

Méthodologie

Afin de saisir comment l’habillage de la situation problématisante proposée par Mélinda peut influencer la production d’idées explicatives sur la caractérisation du vivant (végétal)

chez des élèves du cycle 1, trois types de collecte de données ont été envisagés dans une perspective de triangulation des données : 1) des enregistrements vidéos en classe couvrant la durée totale de la séquence d'enseignement ; 2) un entretien semi-dirigé réalisé avant et après les enregistrements vidéos ; 3) divers artéfacts de classe (planification d'enseignement, productions d'élèves, etc.). L'analyse de la pratique d'enseignement a été conduite sous l'angle du processus de double sémiotisation (Marlot, 2014 ; Schneuwly, 2000) où il s'agit pour l'enseignant de présenter l'objet d'enseignement tout en attirant l'attention de l'élève sur ses aspects essentiels. Cet angle d'analyse nécessite la mise en œuvre d'une méthodologie singulière et l'élaboration de systèmes sémiotiques synoptiques ; ce qui représente pour nous un enjeu majeur de ce programme de recherche en cours. L'analyse a été menée à deux échelles du temps didactique.

L'analyse à l'échelle macroscopique qui est de l'ordre des séances consiste à se donner une idée générale du déroulement de la séquence, laquelle a été découpée selon deux grandes phases temporelles liées à des moments de la DIS : la phase 1 qui court de la problématisation à la planification d'un protocole expérimental (incluant la formulation des hypothèses) et la phase 2 qui court de l'investigation à la conceptualisation³.

L'analyse à l'échelle mésoscopique qui est de l'ordre de la dizaine de minutes permet d'identifier et de caractériser les objets du milieu qui participent à la mise en scène du savoir sur l'ensemble des deux grandes phases. Dans un premier temps, il s'agit d'analyser la manière dont l'enseignante présente l'objet d'étude dans la phase de problématisation sous l'angle de la familiarisation pratique (Coquidé, 1998) et des trois pôles de la problématisation (Fabre, 1999). Dans un second temps, il s'agit d'analyser sur l'ensemble des moments de la DIS, s'il y a focalisation sur les aspects essentiels du savoir en jeu, et plus précisément, si la construction de ce savoir s'effectue en s'appuyant sur le registre empirique au travers de son articulation dans la continuité avec le registre des théories et des modèles. Pour mettre en évidence cette focalisation, nous modélisons sous forme d'un tableau (*cf* figure n°3), l'articulation entre différentes notions-outils qui sont

³ Il s'agit d'un choix méthodologique qui repose sur la modélisation de la DIS en quatre phases (Roy & Gremaud, 2017) : une phase de problématisation, une phase de planification, une phase d'investigation, et une phase de conceptualisation. Par ailleurs, si la conceptualisation est amorcée dès la phase de problématisation d'une DIS, et qu'elle se déploie dans la phase d'investigation, c'est au terme de cette démarche que la conceptualisation se stabilise au moment où les élèves sont appelés à formuler dans leurs propres mots des énoncés scientifiques ou des idées explicatives sur la caractérisation du vivant.

respectivement : (1) l’évolution du statut des objets (matériels, langagiers ou conceptuels) (Bisault & Rebiffé, 2011) selon (2) les jeux d’apprentissage (Marlot, 2009) menés (3) dans les différents moments de la DIS et (4) l’appartenance de ces objets au registre de modélisation (Tiberghien, 1994). Ce choix est justifié par le fait qu’une « particularité forte des moments scolaires de découverte du monde de l’école primaire est leur centration sur des objets faisant partie de l’environnement familial des élèves » (Bisault & Rebiffé, 2011, p. 14). Ces objets peuvent prendre essentiellement quatre statuts en classe de sciences (Bisault & Rebiffé, 2011) : objet quotidien (non scolaire), objet scolaire ordinaire, objet d’investigation scientifique scolaire et élaboration conceptuelle (ou ébauche de modèle). Si nous attribuons à ces objets une signification suffisamment large qui englobe une acceptation « matérielle » aussi bien que « symbolique », l’entrée des élèves dans une culture scientifique pourrait se traduire comme une tentative de construction d’un rapport adéquat à ces objets qui va passer par une évolution conjointe du statut de ces objets et des registres (objets/événements *vs* théories/modèles) dans lesquels vont se dérouler les différents jeux d’apprentissage.

Résultats

À l’échelle macroscopique, la séquence d’enseignement de Mélinda démarre avec la lecture d’une histoire d’un lutin de la forêt qui fait un cadeau aux élèves de la classe de 1-2 H : un sac rempli de graines de divers végétaux : un marron, un bulbe d’oignon⁴ et de bégonia et des graines de ciboulette. Dans la phase 1, qui correspond aux phases de problématisation et de planification (Figure n°3a), les élèves sont appelés à observer et décrire le contenu du sac par la vue et l’odorat, à exprimer individuellement (par un dessin), puis collectivement (par une affiche regroupant les dessins) la nature de ces objets et la manière dont il faut s’en occuper en l’absence du lutin. Ce dernier questionnement amène les élèves sur la piste des graines et conduit à la conception d’un protocole expérimental pour que des graines puissent se développer de manière optimale en une plante (ce qui correspond à la demande du lutin « de bien s’occuper du contenu du sac »). Dans la phase 2, qui correspond aux phases d’investigation et de conceptualisation

⁴ Il s’agit ici d’un choix des enseignants d’étudier les besoins nutritifs des bulbes. Or, cela s’avère problématique du fait que les premières phases de développement des bulbes apparaissent grâce aux réserves qui y sont accumulées et qui sont présentes en quantité plus importante que dans les graines de bégonia ou de ciboulette.

(Figure n°3b), les élèves mettent en œuvre ce protocole, ce qui permet – sous le guidage de l’enseignante – de collecter des données au moyen de plusieurs supports matériels, en particulier un “Tableau du développement du végétal” coconstruit collectivement, des modèles schématiques et concrets (de ficelles) donnant à voir le développement des végétaux et mobilisant l’usage d’unités non conventionnelles. Les observations sont débattues au sein d’un collectif et conduisent à formaliser des résultats sur les besoins nutritifs des végétaux, mais aussi sur leur diversité quant à leur croissance.

À l’échelle mésoscopique, pour présenter l’objet d’étude dans la phase de problématisation, l’enseignante tente d’élaborer un premier référent empirique sur le mode de la familiarisation pratique en prenant en considération les conceptions initiales des élèves pour leur faire représenter et décrire les divers types de végétaux. Ces représentations et descriptions sont sollicitées par 3 questions formulées par l’enseignante (« Qu’est-ce que c’est ? », « Qu’est-ce que je vais faire avec ça ? » et « De quoi on a besoin pour s’occuper de ça ? ») et se matérialisent à travers les objets du milieu suivants : « Dessins caractérisation des graines », « Dessins Fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines », « Affiche Caractérisation des graines » et « Affiche et savoir-faire pratiques sur les graines » (Figures n°1 et n°2). Elles vont s’avérer faire écho pour une partie des élèves à des critères fonctionnels ou utilitaristes qui collent à l’histoire des « objets dans le sac » apportés par le lutin.



Figure n°1 : Représentations et descriptions des divers types de graines selon le mode de la familiarisation pratique par les élèves de la classe de Mélinda

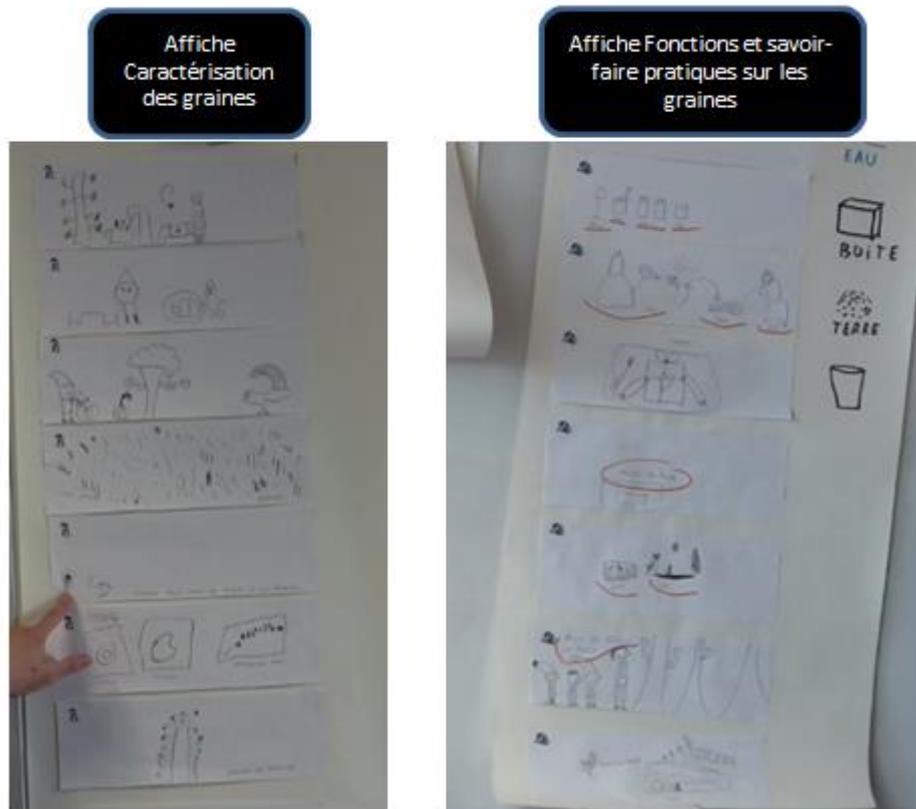


Figure n°2 : Affiches Caractérisation des graines et Fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines de la classe de Mélinda

Or, ces questions, formulées par l'enseignante (et non par les élèves eux-mêmes), ne consistent pas en des questions fécondes permettant d'orienter les élèves sur les besoins des végétaux. De ce fait, dans la formulation des hypothèses, les élèves se focalisent sur des savoir-faire pratiques de sens commun (« ce que je fais avec les graines ») plutôt que sur les besoins des végétaux (« ce dont les végétaux ont besoin pour pousser »). En effet, comme le montre le tableau n°1, les objets du sac sont rapidement identifiés comme étant des graines (en gras), mais pour plus de la moitié des élèves de la classe (5 élèves sur 8), ce sont les considérations sur l'alimentation dans le contexte familial ou fictionnel qui sont mobilisées au regard de l'habillage de cette situation (surlignage en grisé). L'histoire du lutin et les questionnements posés par l'enseignante contribueraient donc au renforcement des formes de fonctionnement de la pensée enfantine, lesquelles constituent des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1993/1938) au développement de la pensée scientifique. À la suite de Fabre (1999), cette situation problématisante s'avère donc « fragile » sur les pôles épistémologique (faible ancrage dans les savoirs disciplinaires) et social (prise en compte de la réalité de l'enfant plutôt que de l'élève).

Élèves	« Qu’est-ce que c’est ? »	« Qu’est-ce que je vais faire avec ça ? » « De quoi on a besoin pour s’occuper de ça ? »
1	Un truc pour que les lutins dorment dedans* (bulbe) Des graines pour donner à manger aux lutins* (graines de ciboulette)	Des graines à mettre dans le four afin que les lutins les mangent*
2	Un truc brun pour manger (bulbe)* Un truc que je ne connais pas qui est dans les arbres que les lutins prennent pour décorer leurs maisons (bulbe)* Des graines pour que les poules mangent* (graines de ciboulette)	On amène ça à la forêt. On donne ça à Tom Thé et après on explique quoi faire avec ça. On explique ce que c’est*
3	Des graines de maïs (graines de ciboulette) Des gousses d’ail des forêts pour la soupe (bulbe)* Un truc que je ne connais pas (bulbe)	On met de la farine, on met de l’eau et on met les trois ingrédients (graines) dans un petit verre, puis ça fait une plante , puis ça fait de l’eucalyptus*
4	Des graines de maïs (graines de ciboulette) Un marron cassé (bulbe) Des cailloux (bulbe)	C’est un arrosoir. Ça, c’est une graine et on met l’eau dessus la plante et après on la met dans un pot et ça fait une plante
5	Une machine dans laquelle on met des graines et ça se transforme en quelque chose pour boire*	Un cadeau et une personne (un voleur) qui vient, casse la vitre de la maison et prend le cadeau*
6	Des graines partout pour planter (graines de ciboulettes bulbes)	Ça, c’est de la terre (ce qui est rayé). Ça, c’est un bonhomme et il met ça (les graines) sur la télécommande pour régler la télé*
7	Des graines pour des plantes ou des fleurs (graines de ciboulette et bulbes)	Ce sont des graines pour planter. On a besoin d’une pelle, de l’eau, des gants, et la boîte pour les plantes
8	Des graines pour faire pousser un pommier (graines de ciboulette et bulbes)	Une boîte pour les graines , pour se couvrir, pour grandir et après quand elles sont un peu grandies, tu peux les mettre dans la terre et après ça pousse. On creuse avec une pelle pour les mettre dans la terre

Tableau n°1 : Conceptions initiales des élèves sur la caractérisation des graines et leurs fonctions⁵

Au terme de l’année académique, lors d’un débat d’experts entre chercheurs et praticiens dans la CDP, le caractère fictif de la situation problématisante est remis en question par la collègue de Mélinda, Cécile (nom fictif), qui a coconstruit avec elle la planification de cette séquence d’enseignement.

Cécile : On parlait de ça aussi par rapport à la fiction alors ça les motive c’est chouette, mais après ?

Chercheur : Qu’est-ce qu’on fait de ça ?

⁵ Légende du tableau n°1 : Conception scientifique / Conception finaliste* / Considérations sur l’alimentation dans le contexte familial ou fictionnel

Cécile : Puis en même temps ne pas en avoir (de la fiction), ça les motivera moins donc c'était toujours la question de se dire un peu (de fiction) c'est bien, mais comment ? Je me suis aussi demandé si je l'avais planifiée différemment, les représentations de mes élèves auraient été différentes. C'est une grande question comme ça qui me reste.

Chercheur : Bien justement, l'intérêt c'est qu'il y a différentes manières de mettre en œuvre le même objectif (pour la caractérisation du vivant) et on voit que dans votre équipe (celle de Mélinda et de Cécile) on a eu ce rapport à la fiction alors que dans l'autre équipe il n'y a pas eu de fiction.

Si l'on poursuit l'analyse pour voir maintenant comment, lors des 2 grandes phases (de la problématisation à l'investigation, puis de l'investigation à la conceptualisation), Mélinda attire l'attention des élèves sur les aspects essentiels du savoir visé, la modélisation de l'évolution du statut des objets pour chacune de ces deux phases (Figure n°3) met en évidence trois objets matériels (cadeau du lutin, graines, pots de référence) et neuf objets symboliques (dessins caractérisation des graines, dessins fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines, affiche caractérisation des graines, affiche fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines, calendrier scolaire mensuel, affiche responsabilité types de graines, tableau développement du végétal, modélisations temporelles croissance plantes par des ficelles, modélisations temporelles croissance plantes par des schémas). Au point de départ de la phase de problématisation (43 minutes), la lecture de la situation problématisante fait entrer deux objets matériels quotidiens (identifiés par une pastille verte) dans le milieu didactique : le « cadeau des lutins » et les « graines ». La demande de caractérisation de l'objet « graines » par Mélinda entraîne une transformation de cet objet en deux objets scolaires symboliques (identifiés par des pastilles rouges) : les « dessins caractérisation des graines » et les « dessins fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines ». Ces objets se transforment respectivement en « l'affiche caractérisation des graines » et « l'affiche fonctions et savoir-faire pratiques sur les graines » tout en conservant le même statut.

Le passage de la problématisation à la planification du protocole (28 minutes) implique au point de départ un changement de statut de l'objet matériel « graines », par un « petit coup de force » de la part de l'enseignante (identifié par une flèche bifurquée), qui devient un objet d'investigation scientifique scolaire (identifié par une pastille bleue) au moyen d'un vote de classe sur les hypothèses plausibles sur le contenu du sac et les soins à y apporter, et ce, sans appui sur des preuves ou des données objectives (Figure n°3a).

Dans la phase d’investigation (28 minutes), cet objet se transforme en des « pots de référence » destinés à tester les variables retenues dans le protocole expérimental. Un retour à la phase de planification sera nécessaire pour planifier les modalités du recueil des données. Il se traduira par la co-construction d’un nouvel objet d’investigation scientifique scolaire, le « tableau développement du végétal » qui résultera de la fusion de deux objets scolaires ordinaires : le « calendrier scolaire mensuel » et « l’affiche responsabilité types de graines ». Au moment de l’investigation, ce tableau servira d’appui à la conservation d’une mémoire temporelle de la classe en inscrivant le développement des végétaux dans le temps biologique. Si depuis le début de la phase de problématisation tous les objets matériels et symboliques évoluent dans le monde des objets et des événements (MOE), deux objets d’investigation scientifique scolaires symboliques liés à la modélisation temporelle de la croissance plantes par des ficelles et des schémas assureront un passage dans le monde des théories et des modèles (MTM) à partir de l’objet « pots de référence ». Dans la phase de conceptualisation (23 minutes), ces deux objets du MTM sont mis en relation avec des objets matériels ou symboliques du MOE (les graines, l’affiche caractérisation des graines et l’affiche fonctions savoir-faire pratiques sur les graines) en vue d’une élaboration conceptuelle (ébauche de modèle) des « graines ». C’est à cette étape que les élèves seront en mesure de formuler des conclusions sur les besoins nutritifs des végétaux, et de mettre en évidence la diversité du vivant en relevant des différences dans l’évolution de la croissance des différents types de végétaux. Mais pour certains élèves, le passage de l’objet d’investigation scientifique scolaire (identifié par une pastille bleue) « Graines » dans le MOE en une ébauche de modèle « Graines » dans le MTM (identifié par une pastille jaune) se fait par un nouveau « petit coup de force » (identifié par une flèche bifurquée) (Figure n°3b) lors de la formalisation par l’enseignante de la trace écrite finale.

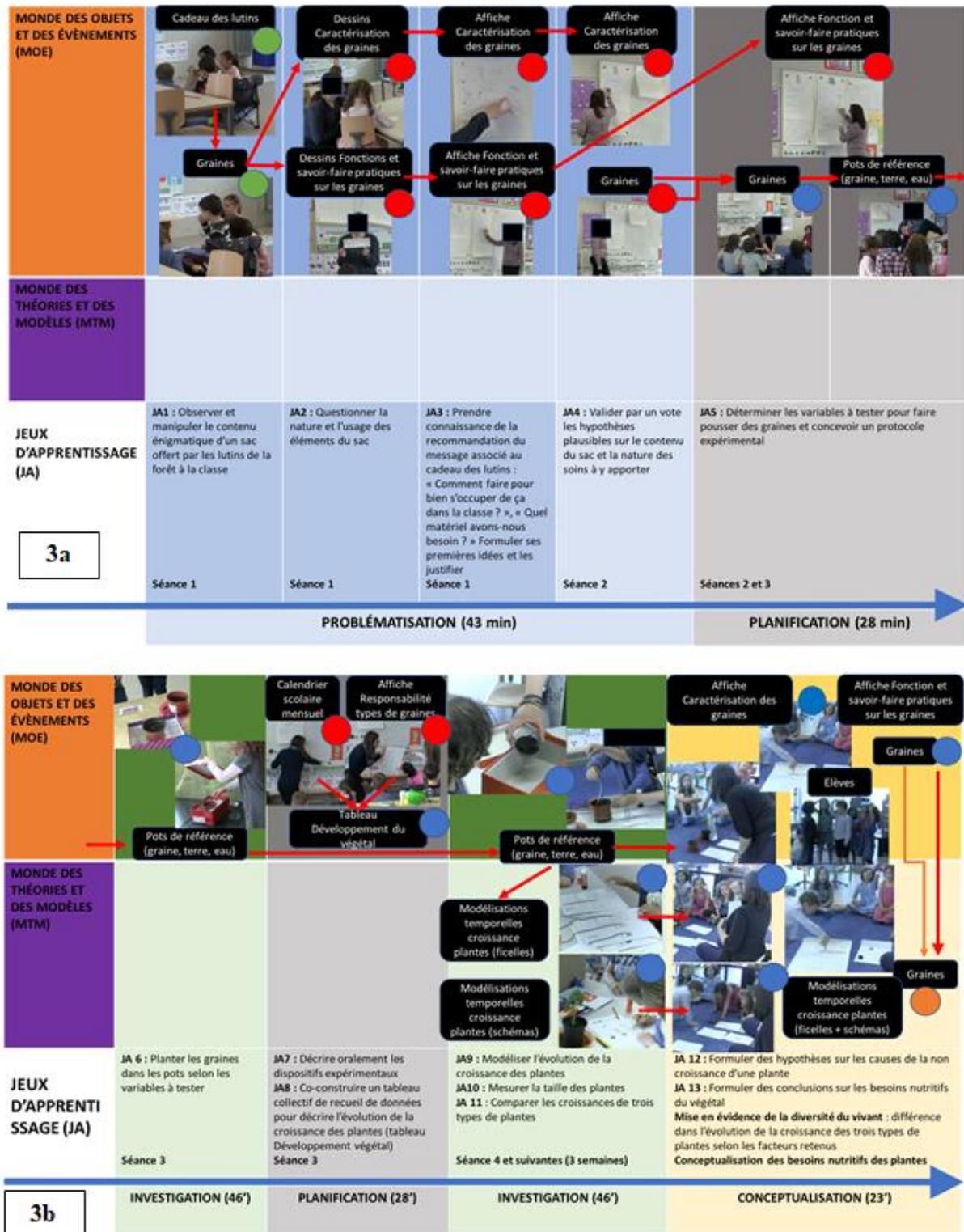


Figure n°3 : Évolution du statut des objets selon les jeux d'apprentissage dans la phase 1 (3a-de la problématiation à l'investigation) et dans la phase 2 (3b-de l'investigation à la conceptualisation) selon les registres de modélisation dans la classe de Mélinda

La figure n°3 met en exergue que l’évolution du statut des objets, de l’objet quotidien à l’objet scolaire ordinaire, puis de l’objet d’investigation scientifique scolaire à l’ébauche d’un modèle, se fait de manière linéaire en suivant le cheminement de la DIS. Mais chez cette enseignante, les analyses montrent que l’objet quotidien (le cadeau du lutin) peine à se transformer en un objet d’investigation scientifique scolaire, car une ambiguïté s’installe par rapport à la focale d’observation : faut-il voir des graines au sens biologique ou des aliments au sens commun ? La proposition de l’enseignante (« Il va falloir s’en occuper ») ramène les élèves à des considérations quotidiennes qui se déploient sur un temps long (3 jeux d’apprentissage pour une durée totale de 43 minutes). Ce n’est que par ajustements successifs que l’objet d’investigation scientifique « Graines » sera établi, mais en quelque sorte par deux « petits coups de force » : le premier au sein du MOE au début de la deuxième phase d’investigation et le second entre le MOE et le MTM au début de la phase de conceptualisation. Ce faisant, cette modalité de construction du savoir par des passages forcés dans la classe de Mélinda ne permet pas une articulation continue entre le registre empirique et le registre des théories et des modèles. En effet, c’est seulement à la fin de la seconde phase d’investigation que les jeux d’apprentissage vont s’inscrire et s’installer dans le RTM.

Conclusion et discussion

Les analyses conduites sous l’angle du processus de double sémiotisation à deux échelles du temps didactique (macroscopique pour les 4 grandes phases de la DIS et mésoscopique pour les différents jeux d’apprentissage) ont permis de montrer que la présentation de l’objet d’étude dans une séquence d’enseignement amorcée par une situation problématisante privilégiant une entrée dans le monde de la fiction relève presque de l’impossible. En se focalisant sur le cadeau du lutin, les élèves ne peuvent cerner les aspects essentiels du savoir scientifique relatif à la caractérisation du vivant, et une confusion s’installe rapidement. En effet, malgré le fort engagement des élèves dans les différentes phases de la DIS, et même si lors du basculement de la phase 1 à la phase 2 (de la planification à l’investigation), on peut observer une dévolution du rapport des élèves aux objets du milieu⁶, il n’en demeure pas moins que l’histoire du lutin et les questions de l’enseignante contribuent au renforcement de la pensée finaliste (les graines pour se

⁶ Une dévolution qui se traduit par un détachement des contingences quotidiennes (disparition de la fiction).

nourrir), et font obstacle, en partie, à la construction de la pensée scientifique (les graines comme organisme vivant assujetti à des besoins spécifiques). Pour attirer l'attention des élèves sur des aspects essentiels du savoir enseigné (les besoins des végétaux pour croître et se développer), la stratégie de l'enseignante consiste à recourir à de « petits coups de force » produisant ainsi des « sauts conceptuels brusques » entre le registre empirique et le registre des théories et des modèles. De notre point de vue, une telle pratique freine l'acculturation des élèves à des manières de penser, de parler et d'agir spécifiques de l'activité scientifique (Bernié, 2002 ; Jaubert & Rebière, 2000). En effet, peut-on parler d'une acculturation scientifique des élèves dès lors que le contexte de production des significations et des connaissances scientifiques ne repose pas sur une problématisation scientifique explicite ou que ce contexte ne permet pas de les engager dans un véritable processus d'abstraction (Barth, 1987 ; 2002) centré sur la construction d'attributs caractéristiques du vivant ? Les résultats obtenus nous conduisent à formuler l'hypothèse que l'habillage d'une situation problématisante en sciences constitue une variable didactique pouvant influencer la relation entre la problématisation et la conceptualisation dans les apprentissages scientifiques chez de jeunes élèves du primaire.

Bibliographie

- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138, 85–93.
- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. K. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807–830). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bachelard, G. (1993). La formation de l'esprit scientifique : contribution d'une psychanalyse de la connaissance objective. Paris: Vrin (1^{re} éd. 1938).
- Barman, C. R. (2002). Guest Editorial: How do you define inquiry. *Science and Children*, 40(2), 8–9.
- Barth, B.-M. (1987). L'apprentissage de l'abstraction. Méthode pour une meilleure réussite de l'école. Paris : Retz.
- Barth, B.-M. (2002). *Le savoir en construction*. Paris : Retz.
- Bautier, É, & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : Une hypothèse relationnelle. *Revue Française De Pédagogie*, 148, 89-100.
- Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 141, 77–88.
- Bersini, H., & Reisse, R. (2007). Comment définir la vie ? Les réponses de la biologie, de l'intelligence artificielle et de la philosophie des sciences. Paris : Vuibert.
- Bisault, J., & Rebiffé, C. (2011). Découverte du monde et interactions langagières à l'école maternelle : construire ensemble un objet d'investigation scientifique. *Carrefours de l'éducation*, 3, 13–28.

- Bressoux, P., Bru, M., Altet, M., & Leconte-Lambert, C. (1999). Diversité des pratiques d’enseignement à l’école élémentaire. *Revue française de pédagogie*, 126, 97–110.
- Calmettes, B. (2010). Analyse pragmatique de pratiques ordinaires, rapport pragmatique à l’enseigner. Étude de cas : des enseignants experts, en démarche d’investigation en physique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 2, 235–272.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d’investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. In B. Calmettes & Y. Matheron (Eds.), *Les démarches d’investigation et leurs déclinaisons en mathématiques, physique, sciences de la vie et de la Terre* (pp. 12–30).
- Conférence intercantonale de l’instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP). (2010). Plan d’études romand. Document téléaccessible à l’adresse Internet : < <http://www.plandetudes.ch/home> >.
- Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d’enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 26, 109-132.
- Coquidé, M. (2007). Quels contenus de formation pour enseigner à l’école maternelle ? L’exemple de la formation à l’activité « faire découvrir la nature et les objets ». *Recherche et formation*, 55, 75–92.
- Dewey, J. (1993/1938). *Logique. La théorie de l’enquête*. Paris : PUF.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses universitaires de France.
- Fabre, M. (2005). Deux sources de l’épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l’éducation-Pour l’Ère nouvelle*, 38(3), 53–67.
- Grancher, C., Lhoste, Y., & Schneeberger, P. (2015). Construire une conception scientifique du vivant avec des élèves de 5-7 ans : approche didactique pour mieux comprendre les processus d’apprentissage et les enjeux développementaux. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 21, p. 03004). EDP Sciences.
- Hayes, M. T. (2002). Elementary preservice teachers’ struggles to define inquiry-based science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 13(2), 147–165.
- Hasni, A. & Roy, P. (2008). Contextualiser, problématiser et conceptualiser : points de vue d’enseignants sur des cours de sciences au primaire. Communication présentée au colloque *Pratiques d’enseignement en sciences et technologies dans le contexte des réformes curriculaires : points de vue des enseignants, des formateurs et des chercheurs*, organisé par le CREAS-Sherbrooke au 15e Congrès international : Mondialisation et éducation : vers une société de la connaissance. Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 2-6 juin.
- Hasni, A. (2011). Problématiser, contextualiser et conceptualiser en sciences : point de vue d’enseignants du primaire sur leur pratique de classe. Dans A. Hasni & G. Baillat (Éd.), *Pratiques d’enseignement des sciences et technologies : Regards sur la mise en œuvre des réformes curriculaires et sur le développement des compétences professionnelles des enseignants* (p. 105-140). Reims : Éditions et presses universitaires de Reims.
- Hasni, A., & Samson, G. (2008a). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Deuxième partie : la diversité des démarches à caractère scientifique et leurs liens avec les savoirs disciplinaires. *Spectre*, 37(3), 22–25.
- Hasni, A., & Samson, G. (2008b). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Première partie : place de la problématisation dans les démarches à caractère scientifique. *Spectre*, 37(2), 26–29.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2000). Observer l’activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, 31, 173-195.

- Kostyrka, G. (2014). Définir la vie en biologie : trois problèmes. Dans T. Hoquet & F. Merlin (Éd.), *Précis de philosophie de la biologie* (p. 185–196). Paris : Vuibert.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge university press.
- Lenoir, Y., Maubant, P., Hasni, A., Lebrun, J., Zaid, A., Habboub, E. & McConnell, A. C. (2007). *À la recherche d'un cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement. Documents du CRIE et de la CRCIE*. Sherbrooke : Université de Sherbrooke.
- Lenoir, Y. (2014). Les médiations au cœur des pratiques d'enseignement-appren-tissage : une approche dialectique. Des fondements à leur actualisation en classe. Éléments pour une théorie de l'intervention éducative. Longueuil : Groupéditions Éditeurs.
- Ligozat, F., & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. Dans F. Ligozat, M. Charmillot, & A. Muller (Éd.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (p. 143–164). Bruxelles, Belgique : De Boeck Supérieur.
- Marlot, C. (2009). Glissement de jeux d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP. *Aster*, 49, 109-136.
- Marlot, C. (2014). Le processus de double sémiotisation au cœur des stratégies didactiques du professeur. Une étude de cas en découverte du monde vivant au cycle 2. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, 36(2), 307-332.
- Marlot, C., & Morge, L. (2016). L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire. France : Presses Universitaires de Rennes.
- Marlot, C., & Roy, P. (2020). La Communauté Discursive de Pratiques : un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche (COR). *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 26, 163-184.
- Martinez, C. (1997). L'entretien d'explicitation comme instrument de recueil de données. *Expliciter*, 20, 1–7.
- Morange, M. (2007). La principale difficulté pour une définition de la vie : concilier continuité et discontinuité, Dans H. Bersini & J. Reisse (dir.), *Comment définir la vie ? Les réponses de la biologie, de l'intelligence artificielle et de la philosophie des sciences* (p. 65-70). Vuibert : Paris.
- Marlot, C., Toullec-Théry, M., & Daguzon, M. (2017). Processus de co-construction et rôle de l'objet biface en recherche collaborative. *Phronesis*, 6(1), 21–34.
- Nury, D, Lamarque, J., & Caron, P. (1996). Essai de caractérisation des représentations du vivant chez des élèves du cours préparatoire. *Didaskalia*, 9, 157-172.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 38(3), 69-94.
- Roy, P., & Gremaud, B. (2017). Une démarche d'investigation interdisciplinaire pour traiter des problématiques d'EDD dans une perspective d'instruction et de socialisation émancipatrice. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 99-123.
- Roy, P. (2018a). La démarche d'investigation scientifique : significations, finalités et modalités de mise en œuvre chez des enseignants fribourgeois de l'école obligatoire (Rapport de recherche de recherche de l'UR Enseignement et apprentissage des disciplines scientifiques). Fribourg, Suisse : Haute école pédagogique Fribourg.

- Roy, P. (2018b). *Modèles et modélisation en physique dans les pratiques d’enseignement d’enseignants québécois du secondaire : le cas de la cinématique* (Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Québec, Canada).
- Rolland, A., & Marzin, P. (1996). Étude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, 9, 57-82.
- Schneuwly, B. (2000). Les outils de l’enseignant. Un essai didactique. *Repères : recherches en didactique du français langue maternelle*, 22, 19–38.
- Sensevy, G. (2011). Le sens du savoir : éléments pour une théorie de l’action conjointe en didactique. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S., & Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM*, 45(7), 1031–1043.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instruction*, 4(1), 71–87.
- Vermersch, P. (2019). L’entretien d’explicitation. Paris : ESF Sciences Humaines.
- Windschitl, M. (2002). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education*, 87(1), 112–143.

Pensée critique dans l'enseignement des sciences du vivant

Bernard, Marie-Claude⁽¹⁾, Fortin, Corinne⁽²⁾, Panissal, Nathalie⁽³⁾, Pautal, Éliane⁽⁴⁾

⁽¹⁾ CRIRES, Université Laval. Canada

⁽²⁾ Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)/ INSPÉ-UPEC. France

⁽³⁾ UMR EFTS, Université Fédérale de Toulouse, ENSFEA. France

⁽⁴⁾ UMR EFTS, Université Fédérale de Toulouse, INSPÉ Académie de Limoges. France

Introduction

La voie est ouverte aux possibilités de transformer le vivant par les nouveaux acquis technoscientifiques, ce qui nous conduit à réinterroger nos rapports au vivant. Ce chapitre, issu d'un symposium organisé par le groupe franco-québécois « Enseignement du Vivant Et Recherche En Sciences et Technologie » (EVEREST), propose de questionner des enjeux épistémologiques et didactiques dans le cadre d'une éducation au vivant qui favorise ce que nous pouvons nommer globalement la « pensée critique » dans l'enseignement des sciences du vivant. La question de la définition de la pensée critique n'est pas univoque, elle traverse plusieurs champs disciplinaires et sous-tend plusieurs éléments tels que savoir repérer un problème et définir une problématique, évaluer des risques et incertitudes des savoirs technoscientifiques, situer différentes sources de connaissances et reconnaître l'apport de l'histoire des constructions des sciences, évaluer des preuves, analyser de manière critique des méthodologies de recherche, procéder à l'analyse des acteurs concernés par les recherches, apprendre à argumenter et prendre part à des débats, et se positionner en tant qu'individu et citoyen (Albe, 2009 ; Désautels & Larochelle, 2004 ; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000). Nous considérons la pensée critique comme un processus cognitif de haut niveau, critérié, évaluatif, métacognitif, métaréflexif et autocorrectif

mobilisant un certain nombre d'habiletés et attitudes pour construire un jugement autonome et responsable dans une situation complexe en contexte (Lipman, 2003)¹.

Mise en contexte et problématique

Les récents acquis technoscientifiques offrent des opportunités de transformer le vivant. Pensons par exemple au clonage, au brevetage du vivant (Berlan, 2005 ; Pulman, 2005), au lancement du programme NanoBioInfoCognition (NBIC) sous-tendu par une vision technoscientifique du vivant (Bensaude-Vincent, 2009) ou encore aux recherches sur les cellules souches embryonnaires (Atlan *et al.*, 2003 ; Molinatti & Triquet, 2015). La capacité d'intervention sur le vivant soulève des questions pouvant être considérées comme socialement vives (QSV). L'enseignement des sciences du vivant, que ce soit dans les programmes ou les pratiques enseignantes, n'échappe pas à ces questionnements. Dès les années 1970, l'approche Sciences Technologie et Société (STS) insistait sur l'importance d'intégrer en classe des questions de société pour aider les jeunes à développer des moyens d'analyse permettant de comprendre le contexte social et politique de l'activité scientifique (Aikenhead, 2006 ; Fourez, 1995). Ces transformations conduisent également à interroger la construction de différents rapports au(x) vivant(s) et à considérer les risques socioéthiques de son instrumentalisation.

Examiner des controverses, promouvoir la protection de la biodiversité, former les élèves à des approches critiques du traitement médiatique à propos des recherches sur les cellules souches, deviennent des thématiques de recherche explorées dans le but d'introduire les questionnements liés aux débats et controverses que soulèvent des QSV en classe (Molinatti & Triquet, 2015 ; Panissal *et al.*, 2011 ; Simonneaux, 2014). Toutefois, intégrer des questions sur le type d'enjeux socio-scientifiques liées à la connaissance du vivant dans l'enseignement des sciences ne va pas de soi. Selon Sadler *et al.* (2006), le point de vue d'enseignants révèle que ces derniers éprouvent des difficultés à les prendre en considération. À bien des égards, différentes études recourent les résultats obtenus selon lesquels les enseignants·es expriment des points de vue variés à propos de l'intégration de ces questions dans l'enseignement des sciences (Lipp & Simonneaux, 2018 ; Lundqvist & Sund, 2016 ; Panissal & Vieu, 2018 ; Tidemand & Nielsen, 2017). Leur position

¹ Ancrée dans le projet pédagogique de la Philosophie pour enfants proposé par Lipman, la philosophe de l'éducation Daniel (2005) souligne la modalité cognitive responsable comme élément essentiel de la pensée critique.

pouvant aller d'un avis défavorable à un avis favorable à leur prise en charge en classe, en passant par des positions intermédiaires. Plusieurs soulignent ne pas être formés pour animer les débats que suscite la prise en compte de ces questions, autant par des obstacles sur le plan pédagogique que conceptuel, ce qui rendrait malaisé le traitement de telles questions (Levinson, 2004). D'autres arguent de contraintes locales (culturelles et religieuses) dans le choix des sujets à débattre lorsqu'il s'agit de questions taboues dans certains contextes liés par exemple à la santé (Mbazogue-Owono, 2014). Se pose ainsi la question de savoir comment les enseignant.es vont se positionner sur un continuum dit *chaud-froid* pour faire leurs choix didactiques concernant ces savoirs porteurs d'incertitudes, de valeurs (Simonneaux, 2014). Faut-il poursuivre un enseignement dit traditionnel axé sur la discipline académique (pôle froid) ? Le savoir est alors refroidi, désincarné de sa complexité : l'instrumentalisation du vivant est présentée au service de la santé, sans questionnement. Ou, à l'autre extrémité de l'axe (pôle chaud) convient-il d'adopter une pédagogie de questionnement du monde (Ladage, 2016) englobant les interactions sciences-société au sein d'une éducation citoyenne pouvant déboucher dès l'école sur des actions militantes, sur l'activisme (pôle au plus chaud) ? L'apprenant serait ainsi susceptible d'être mobilisé sur des questions de justice sociale situées, d'interroger les modèles de société (Benceze *et al.*, 2012) et développer des compétences de soutenabilité du monde (Sauvé, 2013).

La prise en charge de ces questions serait liée pour certains enseignants-es à leurs expériences de vie et à leurs idéaux personnels (Lee & Witz, 2009) ainsi qu'aux réformes curriculaires (Lenoir 2006). Les prescriptions curriculaires sont aussi porteuses d'une vision de la relation de l'humain aux autres vivants. Deux grandes visions peuvent être distinguées : une vision biocentrique, et plus largement écocentrique, héritée du préservationnisme de Muir (1838-1914) et une vision anthropocentrique, héritée du conservationnisme de Pinchot (1865-1946). Dans la vision biocentrique, le vivant forme une seule et même communauté biologique dans laquelle chaque organisme – humain ou non humain – a une valeur intrinsèque. Cette approche interdit ou limite toute action sur le vivant non humain dans le but de satisfaire les besoins de l'humanité. Il s'ensuit une rupture juridico-éthique avec la tradition occidentale en accordant, par exemple, des droits moraux aux animaux comme le préconisent les mouvements de libération des animaux (Regan, 2013 ; Singer, 1993) ou en privilégiant une protection de la biodiversité *via* les parcs naturels protégés des activités humaines. Dans la vision anthropocentrique, le vivant non humain

n'a pas de valeur intrinsèque², ce qui lui confère une dimension instrumentale au bénéfice de l'humanité, comme par exemple l'exploitation du vivant comme ressource (alimentation, loisirs, etc.), l'expérimentation sur le vivant pour la recherche fondamentale ou appliquée ou bien encore sa modification par les biotechnologies pour l'obtention d'organismes transgéniques. Ainsi la problématique du statut du vivant dans le curriculum, et plus largement dans l'enseignement des sciences de la vie, relève d'un projet éducatif orienté par des politiques éducatives porteuses ou non d'une approche séparatiste, inclusive ou hybride de la relation de l'humanité aux autres vivants.

Questions de recherche

Au cours de ce symposium, nous avons cherché à caractériser et à croiser trois dimensions d'enseignement relatif au vivant pour mieux comprendre les enjeux scientifiques et sociétaux dont cet enseignement peut être porteur. Nos échanges ont été nourris par trois questions de recherche :

- QR1 : Quel est le statut épistémique du vivant, dans les nouveaux curriculums français de la scolarité obligatoire ?
- QR2 : Comment les enseignants·es de biologie au Cégep³ utilisent-ils leur marge de manœuvre pédagogique pour former chez les élèves la pensée critique face aux enjeux entourant le vivant ?
- QR3 : En quoi la QSV de la technologisation du vivant met-elle en cause les habitus d'enseigner des enseignants·es de biologie ?

² L'anthropocentrisme éthique reconnaît une obligation morale envers les animaux, et une protection juridique, dans le cadre de conventions internationales, en fonction de leur utilité sociale (par exemple : domestique, élevage, expérimentation scientifique).

³ Cégep : Collège d'enseignement général et professionnel.

Présentation de résultats de trois recherches

Le statut du vivant dans les nouveaux curriculums français

Ces dernières années, la prise en charge curriculaire relative au vivant a été questionnée du point de vue des pratiques sociales de référence (Fuchs-Gallezot, 2009), de la biologie de l'évolution (Fortin, 2014, 2015), du rapport au vivant (dell'Angelo-Sauvage *et al.*, 2016), des « Éducatons à » (Lange & Victor, 2006) ou des QSV et scientifico-éthiques (de Montgolfier *et al.* 2014 ; Lipp, Vidal & Simonneaux, 2014). Dans le prolongement de ces travaux, nous questionnons le statut épistémique du vivant, au sens de la nature de la relation de l'humain aux autres vivants, qui est donné à voir dans le curriculum français du collège (Fortin, 2018). Dans cette étude, nous situons le curriculum comme une production langagière socialement construite (Maingueneau, 2005) à partir d'une sélection d'énoncés possibles. Le curriculum apparaît alors comme un discours instituant (Oger & Ollivier-Yaniv, 2003), puisque prescriptif, avec ses centres organisateurs et sa structure lexicale en accord soit avec une vision écocentrée, soit anthropocentrée ou bien encore mixte en fonction des contenus à enseigner.

Pour accéder à la nature des relations au(x) vivant(s) au sein de ce discours curriculaire, la méthodologie s'appuie :

- d'une part, sur une analyse de contenu (Bardin, 2001) pour identifier des tâches et des pratiques de références prescrites (Martinand, 2003) dans le but de caractériser les centres organisateurs en termes de visées de formation (Lebeaume, 2003) ;
- d'autre part, sur une statistique textuelle à l'aide de la classification hiérarchique descendante de la méthode ALCESTE⁴ (Reinert, 1983) via l'outil IRaMuTeQ⁵ (Ratinaud & Dejean, 2009) dans le but de faire émerger des communautés lexicales ou « mondes lexicaux » qui structurent les prescriptions curriculaires ;
- enfin, sur une analyse croisée entre statistique textuelle et analyse de contenu pour articuler les « mondes lexicaux » et les « visées de formation ».

⁴ Analyse de Lexèmes Cooccurrents dans les Énoncés Simples d'un Texte

⁵ Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires.

Au terme de cette analyse, il se dégage que le discours curriculaire exprime une vision anthropocentrée, mais d'un anthropocentrisme composite qui se décline en quatre modalités :

- Un anthropocentrisme méthodologique

L'anthropocentrisme, dit méthodologique, relève d'investigations scientifiques sur le vivant non humain, en contexte scolaire. La visée de formation est ici de nature scientifique, mais néanmoins associée au « monde lexical » des valeurs en raison de l'interdiction, par exemple, de disséquer des « animaux morts élevés à la seule fin d'expériences scientifiques »⁶. Quant à l'expérimentation sur les végétaux ou sur les invertébrés, aucune restriction ne s'applique à l'exception des Céphalopodes ; leur système nerveux relativement développé apparaît alors comme un discriminant éthique de l'expérimentation.

- Un anthropocentrisme environnemental

Dans le curriculum, le vivant non humain est une ressource exploitable, de façon raisonnée, pour satisfaire les besoins en nourriture (ex : ressources halieutiques). C'est une visée de formation citoyenne qui relève d'une éducation à l'environnement ancrée dans le « monde lexical » des valeurs de respect de l'environnement par la pratique d'écogestes ou de la préservation des écosystèmes fragiles. L'accent est ainsi mis sur une exploitation et une gestion responsable en termes de maîtrise des ressources biotiques dans le cadre des services écosystémiques.

- Un anthropocentrisme hygiéniste

Dans le curriculum, la santé est un point nodal des visées de formation à la fois citoyenne et scientifique. Les « mondes lexicaux » de la santé et de la biologie ciblent la coordination des fonctions biologiques faisant de la maladie le résultat d'une perturbation de cette coordination. L'éducation à la santé est alors centrée sur l'adoption de bonnes pratiques d'hygiène pour prévenir ou remédier aux dysfonctionnements de l'organisme. La relation de l'humain à sa santé est à la fois biologisée par le contrôle du fonctionnement de l'organisme et socialisée car normalisée au travers d'habitudes en termes d'hygiène de vie et de comportements appropriés pour contrer les comportements à risques.

- Un anthropocentrisme biotechnologique

⁶ Bulletin Officiel du 21 juillet 2016.

Les biotechnologies sont peu présentes dans le curriculum, mais significatives d'un rapport au vivant. Associées aux « mondes lexicaux » de la santé et de l'environnement, le recours aux biotechnologies est présenté, dans une double visée de formation scientifique et citoyenne comme un moyen d'ouvrir de nouveaux horizons pour la santé humaine (vaccination, PMA) en palliant les déficits biologiques ou un moyen d'améliorer les ressources (clonage, transgénèse) ou encore sous l'angle de la « réparation du vivant » ou de « l'être humain augmenté » sans préciser des enjeux éthiques liés au développement des technosciences.

En résumé, le rapport au vivant dans les programmes est un utilitarisme raisonné visant à ne pas épuiser ou altérer les ressources de « l'environnement vivant ». En particulier, la préservation de la biodiversité est symétriquement associée à celle d'une exploitation raisonnée. L'angle mort du curriculum est d'une part, la quasi-absence d'un renvoi à la biosphère qui n'est citée que deux fois et, d'autre part, l'absence du mot bioéthique. Si les valeurs de responsabilité et d'éthique cohabitent, elles ne se conjuguent jamais en une éthique de la responsabilité (Jonas, 2000). À l'heure où l'humanité est un facteur de transformation du vivant, et où la science devient de plus en plus une technoscience, l'absence explicite de référence à la biosphère et à la bioéthique risquent d'occulter les enjeux relatifs aux nouvelles formes de domestication et d'industrialisation du vivant. En particulier, concernant ce que Sloterdijk (2000) nomme la domestication ou l'autodomestication de l'humain en s'appliquant à lui-même les résultats des avancées biotechnologiques. Aussi, l'approche anthropocentrique du vivant dans le curriculum ne permet pas de penser des modalités éducatives de décentration de l'humain qui ouvriraient de nouvelles perspectives d'altérité dans nos relations aux autres vivants non humains.

Des enseignants-es discutent autour d'enjeux entourant le vivant en classe

En faisant le choix d'un format d'enquête qualitatif et une approche interactionniste, la méthodologie choisie pour répondre à la question du comment les enseignants-es utilisent leur marge de manœuvre pédagogique pour former chez les élèves la pensée critique face aux enjeux entourant le vivant a été celle de mettre en œuvre une forme de *focus group* qui favorise les conversations entre pairs. Nous avons recruté six participants-es enseignant dans les programmes préuniversitaires et techniques offerts par quatre Cégep de la province de Québec. Nous avons formé deux groupes de discussion rencontrés à trois reprises. Lors de ces rencontres, les membres

se sont prononcés sur l'intégration d'enjeux qui entourent le vivant en classe. Deux vignettes ont été présentées pour déclencher la discussion (l'une, sur un exemple fictif de gestion des ressources génétiques ; l'autre, sur un cas documenté touchant la gestion de la biodiversité) (Bernard & Albert, 2018). Les transcriptions des trois rencontres ont fait l'objet d'une analyse thématique (Bardin, 2001 ; Charaudeau & Maingueneau, 2002). Nous avons dégagé des premières catégories de façon inductive en répondant à la question « de quoi parlent-ils ? » et par la suite appliqué une démarche déductive au regard des catégories tirées de nos questions de recherche ayant trait aux stratégies pédagogiques mobilisées (débat, études de cas, questionnement, par exemple), aux objectifs de leur enseignement (informer, comparer, comprendre, par exemple) et au recours à leur marge de manœuvre pédagogique (introduire des sujets autres que ceux prescrits dans le programme, par exemple le bien-être animal, la réflexion sur la consommation alimentaire).

Les résultats de cette analyse thématique font ressortir que les enseignants-es utilisent leur marge de manœuvre pédagogique pour introduire quelques enjeux entourant le vivant. Dans ce contexte de l'enseignement de la biologie, ils soulèvent l'importance de l'information (« transmettre des informations », apporter des savoirs et des connaissances validés selon le point de vue scientifique), du questionnement (de différentes sources de connaissance, telles que les médias, les sites de vulgarisation scientifique, par exemple), et de la compréhension (comment fonctionne le corps humain ou comment agissent les vaccins, par exemple). Un autre objectif serait souhaitable et se situe à plus long terme, celui de pouvoir se positionner en tant qu'individu et citoyen-ne responsable. Comprendre mieux « comment on fonctionne » est important, sans oublier « d'être critique aussi sur tout ce qu'on voit sur la santé aujourd'hui [...] qui sont vrais puis moins vrais aussi [...] ». Ils le font de différentes manières (amorces pour attirer l'attention des élèves, débats en classe, études de cas, questionnement et argumentation sous forme thèse/antithèse), poursuivent des objectifs distincts (informer les élèves, pousser leur réflexivité) et touchent différents sujets (vaccins, produits « bio », biodiversité, théorie de l'évolution, entre autres). Ces QSV sont soulevées plus fréquemment de façon spontanée dans les classes du programme Sciences humaines, que dans celui de Sciences de la nature. Dans ce dernier cas, ils évoquent des contraintes liées à un programme chargé, laissant peu de place aux débats et à la réflexion éthique. En tant que praticiens réflexifs, ils parlent de leur positionnement personnel et de leurs habitudes de vie afin d'interroger la cohérence de leurs actions avec ce qu'ils disent en

classe. Pour certains, il est important de montrer explicitement la posture adoptée, pour d'autres, il faudrait « rester neutre ». D'autres encore expriment que les élèves interprètent leur position, même si elle n'est pas explicitée. Une population estudiantine culturellement diversifiée dans les classes exige des enseignants-es de traiter avec précaution certains sujets (excision, transfusions sanguines ou don d'organes, par exemple). Le choix des enjeux abordés en cours relève principalement des programmes ; leur marge de manœuvre leur permet d'en aborder d'autres qui proviennent de l'actualité et surtout des intérêts des élèves qui amènent ces interrogations en classe. Aux sujets précisés ci-dessus s'ajoutent, par exemple, le *flushgate* (la controverse soulevée par l'acheminement de près de 5 milliards de litres d'eaux usées par la Ville de Montréal dans le fleuve St-Laurent en 2015), ou les cas statistiquement importants de mucoviscidose dans la région du Saguenay-Lac-Saint Jean dans la province de Québec.

La QSV de la technologisation du vivant déstabilise la posture enseignante

Dans l'idéologie technoscientifique, le vivant est une machine que l'on peut redessiner, voire créer, il est un simple objet technique. Les nanotechnologies appliquées à la santé, la nanomédecine, augurent des progrès considérables tant au niveau de la détection de pathologies, des traitements et des régénérations, mais ouvrent un océan de fantasmes et d'incertitudes et de questions éthiques majeures par rapport au vivant (Guchet, 2014). Dans ce contexte, se pose bien évidemment la question des conditions d'enseignement du vivant et notamment la façon dont les enseignants-es s'emparent de la vivacité de cet enseignement (Legardez, 2017). Lors de travaux antérieurs menés en France dans la région Occitanie, nous avons montré l'intérêt de considérer le vivant comme une QVS et l'utilité d'outils didactiques comme le débat.

Dans ce contexte, nous avons pu observer les difficultés d'enseignants-es engagés dans des dispositifs d'enseignement innovants interdisciplinaires de type QSV où il était question d'examiner les postures d'enseignants du secondaire français dans deux situations :

Situation A : deux enseignants de physique-chimie animent chacun un débat entre leurs élèves sur les nanotechnologies appliquées au domaine médical, dont ils avaient eux-mêmes construit le scénario pédagogique (Panissal, Jeziorski & Legardez, 2016).

Situation B : Des enseignants pluridisciplinaires (Sciences et SHS) du collège, en stage de formation continue, débattent sur une question liée à la nanomédecine et au vivant (Panissal & Vieu, 2018).

Que ce soit pour le débat entre élèves (situation A) ou entre les enseignants (situation B), les débats sont préparés en amont selon un scénario pédagogique mobilisant une démarche d'enquête (Panissal, 2019). Les débats sont enregistrés, retranscrits, les transcriptions anonymisées. Une analyse de contenu des corpus (Bardin, 2001) permet de catégoriser les tours de paroles en fonction des méthodologies décrites ci-après.

Méthodologie d'analyse

Situation A : Les corpus des deux débats entre élèves ont été traités selon une grille d'analyse des postures enseignantes s'inspirant du modèle proposé par Jickling et Wals (2013). Ce modèle permet de repérer l'impact des interventions enseignantes dans le débat entre élèves et de caractériser leur posture lors de l'animation pour la situer sur le gradient entre les deux extrémités du modèle proposé : d'une posture transmissive à une posture à visée transformatrice critique (Panissal, Jeziorski & Legardez, 2016).

Situation B : L'analyse du corpus du débat entre enseignants est conduite en deux temps. Premièrement, une analyse argumentative est réalisée selon le cadre théorique du trilogie argumentatif (Plantin, 1996) permettant de dégager les questions qui sont réellement débattues par les enseignants. Les jeux argumentatifs produits traduisent l'expression d'arguments en faveur de la thèse défendue (les justifications) et la formulation d'arguments opposés à cette thèse (les réfutations). Cette méthodologie rend ainsi saillante la structure du débat et la succession des questions réellement débattues et permet de découper le corpus en thèmes. Deuxièmement, au sein de chaque thème, les arguments moraux sont extraits moyennant une méthodologie précédemment élaborée distinguant les arguments selon deux classes : arguments orientés en faveur de la technoscience et arguments orientés vers la souciance (Panissal & Plégat-Soutgis, 2018).

Résultats

Situation A : Les résultats montrent que le double obstacle de la complexité du savoir et de la mise en débat de questions potentiellement très vives et instables dans les savoirs de référence, interpellant les conditions de vie sur terre et l'humanité, font prendre de trop gros risques à

certaines enseignants·es qui vont alors se protéger en adoptant une posture pédagogique transmissive et ainsi renoncer à une pédagogie transformative-critique nécessaire au traitement de la complexité.

Situation B : Les débatteurs considèrent que le vivant fragile et vulnérable doit être protégé face à la performativité technoscientifique et la froideur des logiques du marché. Pour eux, il n'est pas acceptable d'envisager une quelconque augmentation du corps humain qui doit poursuivre son évolution naturelle sans que la technique puisse accélérer, voire prendre le relai de cette évolution. Leur raisonnement de rupture focalisé sur la réparation/augmentation du corps les incite à réduire l'humain à ses propriétés biologiques, bloque leur pensée sur la complexité de l'artificialisation du vivant et ne leur permet pas d'en explorer les incertitudes ni les questions éthiques. Or il convient ainsi de penser le vivant dans un rapport de continuité à la vie et au vivant et non dans une logique de rupture si l'on souhaite se saisir des enjeux inhérents à la technologisation du vivant, comprendre les arguments des idéologies transhumanistes (Lecourt, 2004).

Discussion

De nombreux travaux dans le champ des SSI (*SocioScientific Issues*) et QSV font état des difficultés enseignantes à prendre en charge les savoirs incertains. La légitimité du savoir disciplinaire conféré à l'enseignant·e, du fait de sa spécialité disciplinaire, est bousculée par l'incertitude inhérente aux QSV et l'enseignant·e se voit contraint de réaménager son identité de professeur spécialiste d'une discipline (Pedretti *et al.*, 2008), d'y intégrer des savoirs issus des humanités comme les stratégies économiques, géopolitiques, ainsi qu'une éducation aux valeurs. Ce que montrent les travaux sur les enseignants·es en formation continue, c'est qu'au-delà de la sensibilité aux questions éthiques mobilisées dans le débat entre enseignants·es, ils ne parviennent pas à construire une problématisation éthique sur ce qui est acceptable par rapport à la condition humaine et la technologisation du vivant. Ce que montrent les travaux sur leur posture d'animateur de débat est leur difficulté à percevoir la transformation de leur mission éducative lors de l'enseignement d'une QSV, le passage d'une pédagogie du problème (usitée dans l'enseignement des sciences) à une pédagogie de la solution acceptable sur le plan technique et moral.

La didactique des QSV est un appel à un changement d'ordre systémique et paradigmatique dont les racines puisent leurs sources dans l'éthique. Les tensions qui naissent lors de la mise en œuvre

de tels dispositifs en appellent directement à l'éthique professionnelle enseignante. C'est un appel à l'émancipation de l'élève mais également de l'enseignant·e sur les trois pôles : épistémologique, pédagogique et éthique. Pour asseoir cette transition, il faut oser dépasser la formation purement disciplinaire pour proposer en formation une trame pédagogique (la démarche d'enquête Simonneaux, 2019), une formation à l'éthique professionnelle (Gohier & Jutras, 2009 ; Moreau, 2007) et l'apprentissage du management d'espaces sécurisants et sécurisés pour permettre une prise de risque partagée et co-gérée (Handcock *et al.*, 2019).

Discussion et perspectives

Les résultats des trois recherches présentées lors de ce symposium ont amené à croiser les points de vue menant à des discussions qui ont elles-mêmes débouché sur des interrogations.

La première interrogation porte sur la formation enseignante. Dans un contexte de plus en plus technocentré, d'appropriation capitaliste contemporaine de la vie, mais aussi d'« êtres vivants envisagés comme des ressources potentiellement durables », de quelles aides les enseignants·es disposent-ils pour développer un processus cognitif de haut niveau que demande l'exercice d'une pensée critique dans l'enseignement du vivant ? Quels sont les ancrages épistémologiques incontournables pour les enseignants·es au cours de leur formation pour disposer d'un background suffisant pour éclairer les élèves sur ces questions ? Cette formation de base doit permettre d'évaluer des risques et incertitudes liés aux savoirs technoscientifiques, de disposer de moyens d'analyse des méthodologies de recherche et de les faire partager aux élèves.

Cette question de la prise en charge des éducations liées au(x) vivant(s) peut se décliner en une formation certes épistémologique, mais aussi didactique, historique, philosophique, éthique⁷, anthropologique et psychologique.

Cette première question sur les ancrages épistémologiques induit directement la suivante : de quelle robustesse la formation enseignante doit-elle faire preuve pour être efficace avec et au-delà des réformes curriculaires ? La formation des enseignants·es a des incidences sur les conditions de possibilité offertes aux élèves de se former en tant que citoyens dans une double tension de protection et de gestion du vivant. Ce qui amène à s'interroger sur les conséquences

⁷ La dimension éthique inclut celle de l'éthique professionnelle qui, dans le traitement de QSV en classe, est un enjeu important.

d'une vision anthropocentrée donnée à voir très tôt aux élèves, dans le curriculum français, pour la construction d'un rapport au vivant respectueux du vivant et nous invite à poursuivre, après l'analyse des programmes québécois, à celle des pratiques enseignantes (Dell'Angelo-Sauvage *et al.*, 2016 ; Proulx, Samson & Simard, 2018). Enfin, toute formation à une pensée critique doit se concevoir *en mouvement* pour s'adapter aux évolutions sociétales, afin que les enseignants·es puissent aider l'apprenant à se positionner en tant qu'individu et citoyen.

La question de la formation est, ici, centrale ; c'est un programme ambitieux de formation initiale et continue qui doit être pensé pour conduire l'enseignant·e à faire développer chez les élèves, une première forme de pensée critique sur des savoirs biologiques non stabilisés, propices aux débats. Ce qui suppose de prendre en compte les difficultés qu'éprouvent l'enseignant·e dans la gestion des débats et échanges qui se déroulent dans un contexte institutionnel portant avec lui une certaine vision des rapports des humains aux autres êtres vivants, mais aussi ses propres convictions et idées afin de se construire un jugement autonome et responsable pour accompagner l'élève dans le déploiement de ces compétences.

De nouvelles pratiques de formation, initiale, continue, mais également d'accompagnement dans l'exercice quotidien sur le terrain, doivent être inventées. La voie des travaux de recherche sur la question de l'émancipation dans l'enseignement, de la « neutralité » des points de vue des enseignants·es, de la construction de rapport(s) aux vivants humains et non humains, d'une citoyenneté critique, ou bien encore la possibilité de mener une vie éthique située pour les enseignants·es et plus largement les équipes éducatives, reste ouverte.

Bibliographie

- Aikenhead, G.S. (2006). *Science education for everyday life*. New York: Teachers College Press.
- Albe, V. (2009). *Enseigner des controverses*. Rennes : PUR.
- Atlan, H., Jouannet, P. & Ogien, R. (2003). Interdire le clonage reproductif ? *La Recherche*, 12, 12-16.
- Bardin, L. (2001). *L'analyse de contenu*. Paris : L'Harmattan.
- Bencze, L., Sperling, E. & Carter, L. (2012). Students' Research Informed Socio-Scientific Activism: Re/vision for a Sustainable Future. *Research in Science Education*, 42(1), 129-148.
- Bensaude-Vincent, B. (2009). *Les vertiges de la technoscience*. Paris : La Découverte.
- Berlan, J.P. (2005). Les cloneurs. *Écologie et politique*, 31(2), 59-78.
- Bernard, M.C. & Albert, M. (2018). Intégration d'enjeux relatifs au vivant en classe : points de vue d'enseignants et d'enseignantes en biologie au Québec. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 18, 79-102.

- Charaudeau, P. & Maingeneau, D. (2002). *Dictionnaire d'analyse du discours*. Paris : Seuil.
- Daniel, M. F. (2005). Pour l'apprentissage d'une pensée critique au primaire. Montréal : PUQ.
- Dell'Angelo-Sauvage, M., Bernard, M.-C. & de Montgolfier, S. (2016). Analyse des enjeux relatifs au vivant dans les programmes scolaires français et québécois. *Spirale – Revue de Recherches en Éducation*, 5(8), 35-52.
- Désautels, J. & Larochelle, M. (2004). Forme scolaire, éducation aux sciences et pratique de la critique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(4), 515-528.
- Fourez, G. (1995). Le mouvement Sciences, Technologies et Société (STS) et l'enseignement des sciences. *Perspectives*, 25(1), 27-41.
- Fortin, C. (2014). *The theory of evolution in secondary schools: some teaching issues*. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre, M. Silberstein, (Eds.), *Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences*, (pp. 897-910). Dordrecht : Springer.
- Fortin, C. (2015). Diversification du vivant sans modification du génome: enjeux didactiques et épistémologiques. In *SHS Web of Conferences* (21). EDP Sciences. DOI: 10.1051/shsconf/20152101004
- Fortin, C. (2018). Le statut épistémique du vivant dans les nouveaux curriculums français de la scolarité obligatoire. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 18, 35-56.
- Fuchs-Gallezot, M. (2009). *Génomique, post-génomique : enjeux de formation et prise en charge curriculaire pour les SVT*. Éducation. Cachan : École normale supérieure de Cachan, (en ligne) accédé le 28/03/2019, url : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00463153/document>
HAL Id : tel-00463153.
- Gohier, C. & Jutras, F. (2009). *Repères pour l'éthique professionnelle des enseignants*. Québec : Presses universitaires du Québec.
- Guchet, X. (2014). *Philosophie des nanotechnologies*. Paris : Hermann.
- Handcock, TS., Friedrichesen, PJ., Kinslow, AT. & Sadler, TD. (2019). Selecting socio-scientific issues for teaching. *Science & Education*, 28(6-7), 639-667.
- Jickling, B. & Wals, A. E.J. (2013). Probing Normative Research in Environmental Education. Ideas about Education and Ethics. Dans R.B. Stevenson, M. Brody, J. Dillon & A. E. J. Wals (Eds.), *International Handbook of Research on Environmental Education* (p. 74-86). New York: Routledge publishers.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Bugallo Rodriguez, A. & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 85(6), 757-792.
- Jonas, H. (2000). *Le phénomène de la vie : vers une biologie philosophique*. Louvain-la-Neuve : De Boeck. [Éd. en anglais 1966].
- Ladage, C. (2016). Les fondements épistémologiques de la pédagogie de l'enquête en question. *Penser l'éducation*, 38, 87-111 (en ligne) accédé le 27/03/ 2019, url : <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-01444596/document>.
- Lange, M. & Victor, P. (2006). Didactique curriculaire et « éducation à... la santé, l'environnement et au développement durable » : quelles questions, quels repères ? *Didaskalia*, 28, 85-100.
- Lebeaume J. (2003). Construction de la technologie pour l'école moyenne en France : un aperçu historique. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3(1), 83-99.
- Lecourt, D. (2004). La technique, la vie et la nature humaine. *La Cause freudienne*, 2(57), 123-128.

- Legardez, A. (2017). Propositions pour une modélisation des processus de didactisation sur des questions socialement vives. *Sisyphus*, 5(2), 85-116.
- Lee, H. & Witz, K.G. (2009). Science teachers' inspiration for teaching socio- scientific Issues: Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 931-960.
- Lenoir, Y. (2006). Du curriculum formel au curriculum enseigné : comment des enseignants québécois du primaire comprennent et mettent en œuvre le nouveau curriculum de l'enseignement primaire. In F. Audigier, M. Crahay & J. Dolz (dir.), *Curriculum, enseignement et pilotage* (pp. 119-141). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
- Levinson, R. (2004). Teaching bioethics in science: Crossing a bridge too far? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(3), 353- 369.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in Education*. Cambridge: University Press.
- Lipp, A. & Simonneaux, L. (2018). Savoirs et controverses liés au bien-être des bovins : comment des enseignants de zootechnie les prennent-ils en compte ? *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 18, 137-160.
- Lipp, A., Vidal, M. & Simonneaux, L. (2014). Comment les prescriptions et les manuels scolaires de l'enseignement agricole prennent en compte la vivacité de la QSV du bien-être animal en élevage. *Revue francophone du développement durable*, 4, 127-141.
- Lundqvist, E., P. & Sund, P. (2016). Selective traditions in group discussions: teachers' views about good science and the possible obstacles when encountering a new topic. *Cultural Studies of Science Education*, 13(2), 353-370.
- Martinand, J. L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2),125-130.
- Maingueneau D. (2005). L'analyse du discours et ses frontières. *Marges linguistiques*, 9, 64-75.
- Mbazogue-Owono, L. (2014). L'éducation à la prévention du sida dans les classes de sciences. Ce qu'en disent les enseignants et enseignantes du secondaire au Gabon. Paris : L'Harmattan.
- Molinatti, G. & Triquet, É. (2015). L'encadrement des recherches sur les cellules souches embryonnaires humaines en France: une thématique de choix pour développer une éducation par et aux médias. *SHS Web of conferences*, 21 (en ligne) accédé le 25/03/2019, url : https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2015/08/shsconf_vv2015_02004/shsconf_vv2015_02004.html
- Moreau, D. (2007). L'éthique professionnelle des enseignants : déontologie ou éthique appliquée de l'éducation. *Les sciences pour l'Ère Nouvelle*, 2(40), 53-76.
- Oger C. & Ollivier-Ryaniv C. (2003). Analyse du discours institutionnel et sociologie compréhensive : vers une anthropologie des discours institutionnels. *Mots. Les langages du politique*, 71, 125-145.
- Panissal, N. (2019). La compétence éthique comme vecteur d'émancipation. Dans J. Simonneaux (2019). *La démarche d'enquête une contribution à la didactique des questions socialement vives* (p. 103-112). Dijon : Educagri.
- Panissal, N., Cau, J.C., Martin-Cerclier, C., Séverac, C., Thibault, C., Brossais, E. & Vieu, C. (2011). Nanotechnology training before university: a new approach combining scientific and social issues. *Journal of Materials Education*, 33(1/2), 1-12.
- Panissal, N., Jeziorski, A. & Legardez, A. (2016). Une étude des postures enseignantes adoptées lors des débats sur des questions socialement vives (QSV) liées aux technologies de la convergence (NBIC) menés avec des élèves de collège. *Dire*, 8, 48-64.

- Panissal, N. & Plégat-Soutgis, F. (2018). Éduquer au pouvoir d'agir, contribuer au développement moral du citoyen : Écriture de scénarii fictifs. *Le sujet dans la cité, Actuel*, 7, 107-118.
- Panissal, N. & Vieu, C. (2018). Raisonnements éthiques des enseignants sur une question socialement vive (QSV) de nanomédecine. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 18, 161-182.
- Pedretti, E.G., Bencze, L., Hewitt, J., Romkey, L. & Jivraj, A. (2008). Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology. *Science & Education*, 17(8-9), 941-960.
- Plantin, C. (1996). Le trilogue argumentatif. Présentation de modèle, analyse de cas. *Langue française*, 112, 9-30.
- Proulx, M., Samson, G. & Simard, C. (coord.). (2018). Quand le vivant s'invite dans nos classes, Cahier thématique. *Spectre*, 48(1).
- Pulman, B. (2005). Les enjeux du clonage. Sociologie et bioéthique. *Revue française de sociologie*, 46(3), 413-442.
- Ratinaud P. & Déjean S. (2009). IRaMuTeQ : implémentation de la méthode ALCESTE d'analyse de texte dans un logiciel libre. *Modélisation appliquée aux sciences humaines et sociales (MASHS 2009)* Toulouse-Le Mirail, 8 et 9 juin 2009, p. 8-9.
- Regan, T. (2013). *Les droits des animaux*. Paris, Herman [éd. en anglais 1983].
- Reinert, M. (1983). Une méthode de classification descendante hiérarchique. *Cahiers de l'Analyse des données*, 3, 187-198.
- Sadler, T.D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M. & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Sauvé, L. (2013). Au cœur des questions socio-écologiques : des savoirs à construire, des compétences à développer. *Éducation relative à l'environnement*, 11 (en ligne) accédé le 27/03/2019, url : <https://journals.openedition.org/ere/662>
- Simonneaux, L. (2014). From promoting the techno-sciences to activism – A variety of objectives involved in the teaching of SSIs. In L. Bencze & S. Alsop (eds.), *Activist science and technology education* (pp. 99-111). Dordrecht: Springer Science.
- Simonneaux, J. (2019). La démarche d'enquête. Une contribution à la didactique des questions socialement vives. Dijon : Educagri.
- Singer, P. (1993). *La libération animale*. Paris : Grasset [éd. en anglais 1975].
- Sloterdijk, P. (2000). *La domestication de l'Être. Pour un éclaircissement de la clairière*. Paris : Mille et une nuits.
- Tidemand, S. & Nielsen, JA. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: From the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44–61.

Conceptions du cycle de vie des plantes à fleurs – analyse croisée entre les conceptions historiques et actuelles des élèves français et allemands

Quinte, Jana⁽¹⁾

⁽¹⁾ LISEC UR2310, Université de Haute-Alsace, Unistra, UL – France

Introduction

La mort des abeilles a pour conséquence que dans une partie de la Chine, les paysans pollinisent manuellement les fleurs des pommiers pour garantir la production des fruits. Outre les graines génétiquement modifiées, les entreprises semencières vendent des graines qui, au stade de plante, développent des graines stériles et ne sont, de ce fait, pas en mesure de se reproduire (telle par exemple la banane cultivée). Elles garantissent, par leurs conditions contractuelles, le renouvellement des ventes chaque année et ainsi la dépendance des paysans. Ces exemples montrent d'une part que le cycle de vie des plantes à fleurs peut être interrompu suite à l'activité humaine (augmentation de la mortalité des pollinisateurs suite à l'utilisation excessive des produits phytosanitaires ; utilisation de graines génétiquement modifiées ou de plantes hybrides) pouvant engendrer des problèmes environnementaux avec un impact sanitaire, économique et social (Quinte, 2016) et, d'autre part, l'importance des connaissances sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs et du cycle de vie au sens de la perpétuation de l'espèce pour comprendre ces phénomènes. L'acquisition d'une culture scientifique par les citoyens, et surtout par les enfants, fait partie des enjeux sociétaux et scolaires. « Une meilleure éducation scientifique des enfants et une meilleure culture scientifique de la population peuvent résoudre les « différents à contenu scientifique » mais aussi amplifier et enrichir les débats » (Musset, 2009, p. 11).

Pour Karr (2002), le concept du cycle de vie peut être considéré comme l'un des concepts-clés pour le développement d'une pensée écologique. En effet, la compréhension du cycle de vie est étroitement liée à la compréhension de certains problèmes environnementaux, telle la déperdition de la biodiversité. Ces problèmes sont définis par une modification des systèmes écologiques induite par l'activité humaine (par exemple l'utilisation excessive de produits phytosanitaires) et pouvant apparaître comme indésirable ou menaçant pour la santé humaine (Kaufmann-Hayoz & Di Giulio, 1996). Aborder ces problèmes environnementaux nécessite une approche complexe et multi-perspectiviste au niveau sociétal, écologique et économique.

Le symposium, *Biologie des plantes – Approches didactiques franco-allemandes*, présenté lors des 10^e rencontres de l'ARDIST à Saint Malo en mars 2018 a questionné les difficultés rencontrées par les élèves dans ces domaines ainsi que la place de la biologie des plantes dans l'enseignement actuel de la biologie et dans l'éducation au développement durable. Il a en outre comparé et discuté les différentes approches et concepts didactiques véhiculés en France et en Allemagne. Il s'inscrit dans le cadre du projet EcoDiPlant (Etudes Comparatives en Didactique de la Biologie des Plantes) qui étudie les représentations (sociales et individuelles), les pratiques enseignantes et les apprentissages au sujet des plantes en France, en Allemagne et en Belgique, ainsi que leurs répercussions sur la compréhension et l'argumentation des élèves en lien avec les thématiques environnementales.

Ce chapitre présente quelques résultats issus d'une recherche doctorale sur les conceptions qu'ont les élèves du cycle de vie des plantes à fleurs, dans des établissements du primaire (niveau CM2) et du secondaire (niveau 5^e), en Alsace et au Bade-Wurtemberg (Allemagne). Nous questionnons ici les similitudes et différences d'approches et de conceptions relatives au cycle de vie des plantes à fleurs. En nous appuyant sur les travaux de Clément (2004), nous réalisons une analyse croisée binationale et historique. Celle-ci nous permet en effet de préciser certains facteurs socio-culturels et épistémologiques inhérents. Pour répondre à ce questionnement, nous clarifierons dans un premier temps notre cadre théorique en précisant les conceptions des apprenants et les principales conceptions historiques relatives au cycle de vie des plantes à fleurs. Nous présenterons ensuite les particularités des systèmes éducatifs français et allemand ainsi que la méthodologie utilisée pour cette étude. Les résultats suivis d'une conclusion et des perspectives termineront le chapitre.

Cadre théorique et problématique de recherche

Nous nous appuyons sur le cadre théorique de la transposition didactique (Chevallard, 1985) qui explicite le passage du « savoir savant » au « savoir enseigné », voire au « savoir assimilé » (Develay, 1995, p. 26) ou à « ce qui est étudié » (Clément, 2010, p. 62) incluant les conceptions des apprenants. Ce cadre théorique permet ainsi de contextualiser les conceptions en prenant en compte les facteurs pouvant les influencer et de questionner les origines des similitudes et des différences constatées. Dans ce chapitre, deux niveaux de la transposition didactique sont considérés : les références scientifiques et socio-culturelles et les conceptions des élèves.

Précisons dans un premier temps, le terme de « conception ». Nous nous baserons essentiellement sur des travaux de chercheurs allemands et français.

Conceptions des apprenants

Des études actuelles évoquent l'importance de s'appuyer sur les conceptions initiales des apprenants pour la construction de connaissances scientifiques (synthèse de Duit, 2009¹). Nous considérons qu'une conception est un processus subjectif mental plus ou moins complexe (Gropengießer, 1997). Elle se construit par l'interaction entre un individu et le monde qui l'entoure (Clément, 2010). D'après la théorie de la compréhension basée sur l'expérience² (Gropengießer, 2007), l'individu, en grandissant, construit ses conceptions à partir de ses expériences et observations. Ces conceptions se rapportent à un référentiel, le « monde de la vie » (*Lebenswelt*), sont véhiculées linguistiquement dans le « monde du langage » (*Sprachwelt*) et appartiennent au « monde de la pensée » (*Denkwelt*) (Gropengießer, 1997) (Tableau 1). La construction des conceptions se fait ainsi dans un contexte socio-culturel et elles ne devraient pas être considérées indépendamment de ce contexte (Orange & Orange Ravachol, 2013).

Niveau de complexité	Domaine référentiel - <i>Lebenswelt</i> -	Domaine de la pensée - <i>Denkwelt</i> -	Domaine du langage - <i>Sprechwelt</i> -	Caractère
5	Domaine du réel	Théorie	Exposé, structure déclarative	Argumentatif
4	Aspect du réel	Figure de pensée	Principe	Explicatif

¹ Source : <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/stcse.html> (consulté le 20.02.2020)

² « Erfahrungsbasiertes Verstehen » (traduction personnelle)

3	Fait	Concept	Affirmation, phrase, déclaration	Descriptif
2	Objet, chose, événement	Notion	Terme, mot (technique), expression	
1	Individu		Nom (propre)	

Tableau n°3 : Niveau de complexité, domaines d'appartenance et caractères des conceptions (traduit d'après Gropengießer, 1997)

Orange et Orange Ravachol (2013) distinguent deux types de représentations³ : d'une part les représentations d'une phénoménologie et d'autre part, les représentations qui « mettent en relation une phénoménologie et une construction explicative ». Selon ces auteurs, expliquer plutôt que décrire permet de mieux rendre compte « d'un fonctionnement interne non directement accessible » des phénomènes scientifiques (Orange & Orange Ravachol, 2013, p. 53).

Dans le cas de la présente étude, nous tentons d'identifier les figures de pensée à caractère explicatif qui s'apparentent aux modèles mentaux définis par Vosniadou et Brewer (1994) comme des structures dynamiques créées pour expliquer certaines situations-problèmes ou phénomènes. Nous cherchons en effet à comprendre comment les élèves expliquent le développement des plantes à fleurs, le lien entre les différents stades de développement ainsi que le lien entre une génération et la suivante. Nous nous intéressons également aux obstacles épistémologiques (Bachelard, 1993) sous-jacents qui font « résistance aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques, tout en répondant de façon « confortable » aux besoins d'explication des enfants » (Astolfi *et al.*, 1998, p. 52).

Nous allons maintenant expliciter les savoirs qui sont en jeu, notamment pour la compréhension du cycle de vie des plantes à fleurs, et donner quelques éléments de précisions historico-épistémologiques.

Principales conceptions historiques du cycle de vie des plantes à fleurs

Le cycle de vie est à comprendre au sens de la perpétuation des espèces. Son modèle est défini par trois stades-clés : la fleur (comportant les organes de reproduction), le fruit et la graine (résultants de la reproduction sexuée) ainsi que par cinq processus-clés : la pollinisation, la fécondation (plus exactement double-fécondation), la formation du fruit et

³ Terme utilisé par les auteurs.

de la graine, la dissémination et la germination. La compréhension du cycle de vie nécessite donc la compréhension d'interactions complexes entre ces stades-clés et ces processus-clés et regroupe beaucoup de savoir relationnel.

« *It is a tremendous challenge for pupils to appreciate the spiral of life cycles enabling the continuity of life through time. It involves far more than the memorising life-cycle diagrams or even observing the changes in organisms through an annual or seasonal cycle, although such a practical study may be a useful starting point*⁴ » (Driver et al., 2005, p. 83)

Notons que la sexualité des plantes a été découverte par R. J. Camerarius (1665-1721). Il la démontre et la décrit dans son ouvrage *De sexu plantarum epistola* en 1694. En effet, avec l'utilisation du microscope, les recherches en botanique ont pris une nouvelle tournure : reconnaissance des étamines et des pistils comme organes sexuels, observation d'un cycle de développement de la graine à la graine, distinction entre les fleurs hermaphrodites, les plantes monoïques et dioïques, etc. Cependant, au cours de l'histoire des sciences, différentes conceptions en rupture avec le modèle botanique actuel ont été véhiculées. Nous en présentons quelques-unes à titre indicatif dans le tableau suivant :

Stades ou processus-clés	Conceptions véhiculées	Anciens scientifiques, dates
Fleur	Les fleurs stériles empêchent la croissance du fruit	Théophraste, 372-287 av. J.-C.
	Pollen = nourriture	G. F. Wolff, 1734-1794
	Fleurs = « excrétion de matière non utilisée », ne donne pas de fruits	A. Césalpin, 1519-1603
	Étamines = organes d'excréments et le pollen = excrément	M. Malpighi, 1628-1694
Formation du fruit	Par la force divine	Egypte ancienne
	A partir de la "sève"	Botanique hippocratique
	Sans fleur auparavant (ex. : le figuier)	Théophraste, 372-287 av. J.-C.
	Par transfert de chaleur de la fleur mâle vers la fleur femelle (ex. : palmier-dattier)	A. Césalpin, 1519-1603
	Croissance du fruit à partir de la sève purifiée par les pétales	J. Pitton de Tournefort, 1656-1708
Par croissance	G. F. Wolff, 1734-1794 ;	

⁴ « C'est un grand défi de comprendre la spirale des cycles de vie rendant possible la continuité de la vie dans le temps. Cela implique bien plus que la mémorisation de graphiques du cycle de vie ou même l'observation des changements des organismes durant l'année ou le cycle saisonnier, bien qu'une telle activité pratique puisse être un point de départ utile » (traduction personnelle)

		Métamorphose de J. W. Goethe, 1749-1832
Formation de la graine	Issue des <i>spermata</i> contenues dans l'air	Anaxagore, 499-428 av. J.C.
	Apparition de la graine (idée de génération spontanée)	Aristote, 348-322 av. J.-C.
	Avec ou après la fleur	Théophraste, 372-287 av. J.-C.
	Issue de la "moelle de la tige"	A. Césalpin, 1519-1603
	Les abeilles empêchent la formation des graines en récoltant le nectar et le pollen	G. Pontedera, 1668-1757

Tableau n°4 : Exemples de conceptions des scientifiques anciens, en rupture avec les conceptions botaniques actuelles (sources: Haguenaer, 1991; Morton, 1981; Wit, 1992, 1993)

En outre, trois types de raisonnement sont identifiés au cours de l'histoire des sciences : cyclique, linéaire et systémique. Ces différences de raisonnement sont dues aux manières d'appréhender le monde, induites par certaines démarches, approches, postures et découvertes. Mentionnons, par exemple, que depuis la structuration et la description du cycle de vie au XVIIe siècle, les notions d'espèce et de génération prennent tout leur sens. Ces derniers (notions d'espèce et de génération) ont appuyé le développement d'une pensée écologique au XIXe siècle et d'un raisonnement systémique. L'idée de la création divine du monde, notamment avancée par la religion chrétienne, traduit en revanche un raisonnement linéaire avec un début et une fin.

Cette analyse historico-épistémologique soulève d'une part les difficultés des anciens scientifiques à identifier les fleurs, plus précisément des étamines et pistils comme organes sexués de reproduction (mâles et femelles), et par là à comprendre la formation des graines et des fruits. Qu'en est-il des élèves actuels ? Quelles sont leurs conceptions des différents stades et processus-clés du cycle de vie des plantes à fleurs ? Quels sont les obstacles épistémologiques sous-jacents ? De plus, nous interrogeons les différences culturelles quant au raisonnement (linéaire, cyclique) et à la manière d'approcher le sujet dans deux contextes éducatifs différents (Alsace et Bade-Wurtemberg).

Nous allons maintenant préciser quelques éléments de contexte et notamment les particularités des systèmes éducatifs français et allemand, à l'exemple du Bade-Wurtemberg, permettant de mieux comprendre le contexte scolaire dans lequel baignent les élèves. La méthodologie permettra de situer les résultats dans la structure globale de l'étude.

Éléments contextuels : particularités des systèmes éducatifs français et allemand

Les régions (Alsace et Bade-Wurtemberg) ont été choisies d’une part pour leur proximité transfrontalière et d’autre part pour leurs systèmes éducatifs différents. Tandis qu’en France la politique éducative est centralisée, les *Länder* gardent la responsabilité de l’éducation et de l’enseignement dispensé en Allemagne. L’organisation des établissements, des niveaux d’enseignements (Figure n°1) et plus particulièrement l’enseignement des sciences diffèrent dans les deux pays. Ainsi, en France, l’école élémentaire comporte cinq années avant l’entrée au collège unique. Au Bade-Wurtemberg, à l’issue des quatre années d’école primaire, il existe trois types d’établissements du secondaire inférieur : le *Gymnasium* (préparant à l’Abitur, équivalent du « baccalauréat » en voie générale), la *Realschule* (liant la théorie et la pratique) et la *Werkrealschule* (assurant l’acquisition des compétences de base).

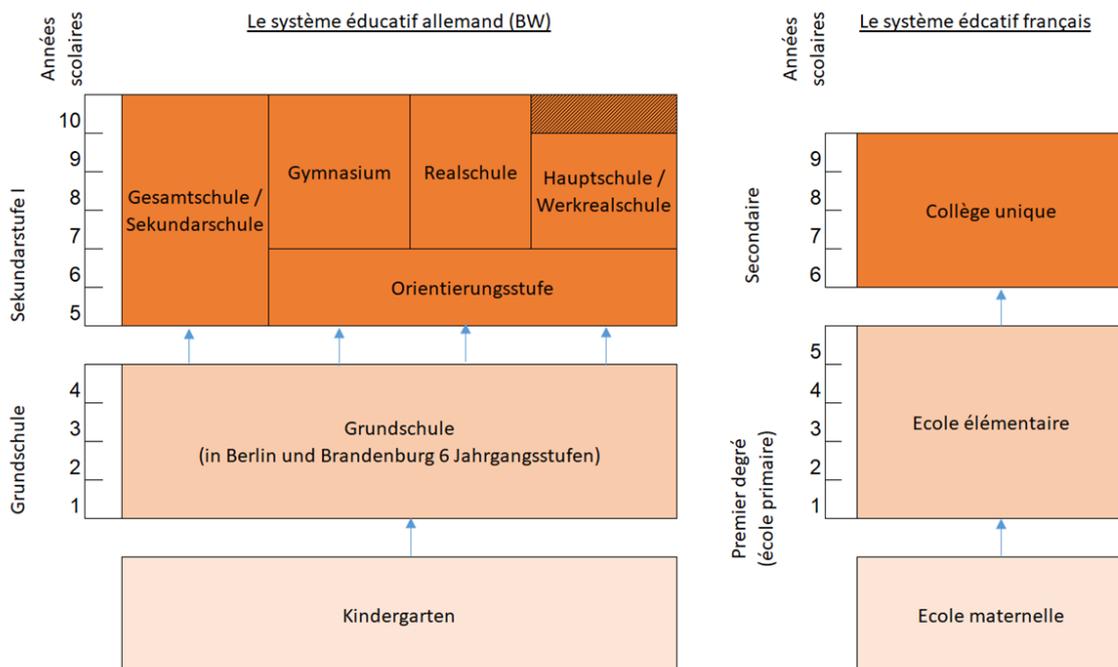


Figure n°1 : L’école primaire et le collège en France et en Allemagne à l’exemple du Bade-Wurtemberg

L’enseignement des sciences au Bade-Wurtemberg, tel qu’il est défini dans les programmes pour la *Realschule* et le *Gymnasium* de 2004, vise l’acquisition par les élèves d’une culture fondamentale et d’une culture scientifique, s’appuyant sur la définition donnée par l’OCDE dans le cadre des évaluations PISA en 1999 :

« La culture scientifique est le fait de pouvoir utiliser des connaissances scientifiques, d'identifier les questions et de tirer des conclusions fondées sur des faits, en vue de comprendre le monde naturel et de prendre des décisions à son propos, ainsi que de comprendre les changements qui y sont apportés par l'activité humaine⁵ » (OCDE, 1999, p. 68; Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2004, p. 96)

Cet enseignement met en avant une éducation globale tout au long de la scolarité obligatoire tenant compte des dimensions cognitives, affectives et motrices.

En France, l'éducation scientifique est basée sur la construction de connaissances permettant à l'apprenant de maîtriser les « principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008a, p. 21) et de se faire une « représentation globale et cohérente du monde » (Ministère de l'Éducation Nationale, 2008b, p. 1). Cette importance des connaissances est également soulignée dans l'intitulé même du socle commun de connaissances et de compétences.

En outre, les apprentissages en sciences de la vie sont structurés en France selon les fonctions du vivant. Il s'agit par exemple d'enseigner la reproduction sexuée des êtres vivants. Celle-ci est abordée pour les animaux et les végétaux dans le même chapitre des manuels scolaires. En Allemagne, le cadre national préconise également cette approche holistique contrairement aux programmes et aux manuels scolaires du Bade-Wurtemberg séparant les animaux et les végétaux. Ces derniers sont par ailleurs abordés dans des chapitres distincts.

Cadre méthodologique

L'éducation comparée

Pour la présente étude, deux niveaux de comparaison ont été retenus pour comprendre les différences et similitudes des conceptions qu'ont les apprenants français et allemands au sujet du cycle de vie des plantes à fleurs et pour identifier les facteurs socio-culturels et épistémologiques, voire les obstacles à l'apprentissage. En effet, la comparaison entre deux groupes nationaux permet d'obtenir des informations complémentaires à un phénomène ou

⁵ « Naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen » (traduction personnelle).

un problème éducatif « qu’apporterait une lecture de ce même problème, dans un seul contexte » (Groux, 1997, p. 115). Pour l’identification des facteurs d’influence notamment socio-culturels, la prise en compte des contextes socio-culturel et éducatif des apprenants, issus de deux régions d’Allemagne (Bade-Wurtemberg) et de France (Alsace), a été indispensable. Le second niveau de comparaison est temporel, puisque nous avons choisi d’étudier les conceptions véhiculées par les scientifiques anciens depuis les Mésopotamiens jusqu’aux botanistes actuels. Cette analyse historico-épistémologique permet d’éclairer les conceptions qu’ont les élèves, voire d’identifier les obstacles épistémologiques auxquels ils peuvent se heurter.

Plusieurs unités d’analyse sont ainsi prises en compte :

- celle des conceptions (comparaison entre les élèves des deux pays ; entre les élèves et les « anciens ») ;
- des systèmes scolaires (incluant la comparaison des curricula et des manuels scolaires) ;
- des éléments socio-culturels (comme le rapport à la nature par exemple).

Seule la première unité sera présentée dans ce chapitre. Mentionnons tout de même que le concept du cycle de vie des plantes à fleurs est quasi absent des programmes et manuels scolaires du Bade-Wurtemberg (2004) alors qu’il fait partie intégrante de ceux de France (2008). Au niveau académique cependant, ce concept est bien véhiculé dans les deux pays et notamment dans les publications scientifiques et les manuels à destination des étudiants.

Structure de l’étude

Cette étude a été réalisée en 3 temps :

- une enquête exploratoire par entretiens semi-directifs (n=49) dans trois établissements (une école élémentaire et un collège en Alsace, une *Realschule* au Bade-Wurtemberg), interrogeant des élèves de CM2, 6^e et 4^e. Cette étude a permis de préciser les conceptions des élèves relatives au cycle de vie de différentes plantes à fleurs et d’élaborer des modèles mentaux (Quinte, 2016 ; Quinte *et al.*, 2012) ;
- une analyse contextuelle historico-épistémologique et socio-culturelle, incluant notamment l’analyse des conceptions historiques du cycle de vie végétal, l’étude du rapport de l’humain à la nature avec les particularités allemandes et françaises, l’analyse des curricula et des manuels scolaires ;

- une enquête principale par questionnaires (n=1388) dans 9 collèges (niveau 5^e) de chaque côté du Rhin, validant les modèles mentaux issues de l'enquête exploratoire. L'objectif de cette seconde enquête était de connaître la fréquence de ces conceptions et modèles mentaux des deux côtés du Rhin, d'identifier les similitudes et différences en termes d'approche et de raisonnement ainsi que les facteurs d'influence liés au contexte socio-culturel (y compris scolaire) et épistémologique.

Le principal outil de recueil des données a été le placement de différents stades de développement d'une plante à fleurs (sous forme d'images ou de plantes réelles) dans l'ordre chronologique : une graine, une graine germée, une plantule, une plante en fleur(s), une plante avec fruit(s), plusieurs graines. A partir de ce placement, les élèves ont été invités à expliquer le passage d'un stade à l'autre et à indiquer ce qu'il se passe après le dernier stade placé. Dans l'enquête exploratoire, les élèves ont manipulé des plantes en pots et des images⁶. Dans l'enquête principale, les images⁷ étaient à coller, à relier par des flèches et à annoter (images et flèches). D'autres questions permettant de préciser la formation des graines et des fruits ainsi que l'intervention humaine dans le processus ont été posées. Différents exemples de plantes ont été choisis pour vérifier si les explications données par les élèves changeaient en fonction des plantes ou non. Dans l'enquête exploratoire, chaque élève a expliqué le développement de quatre plantes (dont la plante réelle) ; dans l'enquête principale, 390 élèves ont renseigné deux questionnaires portant sur des plantes différentes.

Les données ont été analysées de manière qualitative (analyse de contenu des entretiens avec le logiciel MAXQDA) et quantitative (analyse statistique des questionnaires avec le logiciel SPSS).

Résultats

L'analyse comparée a mis au jour trois aspects que nous développerons dans ce qui suit :

- un raisonnement cyclique *vs* linéaire ;
- une approche anthropocentrée *vs* biocentrée ;

⁶ Plante réelle : plante de moutarde ; images : cerisier, pommier, plante de poivron, de petit pois

⁷ Poirier, plante de poivron, rosier

- des différences de conceptions de la formation des graines en lien avec les appuis épistémologiques et le concept d'obstacle épistémologique.

Comparaison entre les élèves d'Alsace et du Bade-Wurtemberg

Raisonnement cyclique vs linéaire

Plusieurs indicateurs ont permis d'identifier un raisonnement cyclique ou linéaire chez les élèves. Dans le premier cas, les élèves ont décrit le changement de génération avec l'idée de recommencement. Le placement des images soit sous forme cyclique ou terminant avec plusieurs graines (et ainsi la nouvelle génération avec laquelle le cycle peut recommencer) et/ou l'utilisation de l'expression « cycle de vie » ou « cycle » dans la description permettent également d'appuyer ce type de raisonnement.

Les élèves qui raisonnent davantage de manière linéaire annoncent un début et une fin et/ou terminent leur placement par l'image de la plante comportant le(s) fruit(s).

Sur les 950 élèves qui ont répondu au questionnaire de l'enquête principale, 364 décrivent le développement de la plante sous forme cyclique (dont 229 élèves d'Alsace et 135 du Bade-Wurtemberg), 562 sous forme linéaire (dont 254 élèves d'Alsace et 308 du Bade-Wurtemberg). La différence entre les élèves des deux régions est significative ($df=2$, $\chi^2=28,8$, $p<0,001$).

Ces différences de raisonnement peuvent provenir de la façon dont ces sujets sont abordés par les enseignants et les supports qu'ils utilisent. Les manuels scolaires du Bade-Wurtemberg, par exemple, ne font pas de lien entre les différents stades, au contraire, les processus sont illustrés à l'exemple de plantes différentes : le haricot pour la germination, le cerisier pour le passage de la fleur au fruit, une variété de plante pour la dissémination. En France, quatre manuels de 6^e SVT sur les six analysés⁸ illustrent le cycle de vie. Ces manuels scolaires français questionnent par ailleurs l'origine des graines.

Approche biocentrée vs anthropocentrée

Les deux cohortes se différencient également par leur approche, plutôt biocentrée en Alsace et plutôt anthropocentrée au Bade-Wurtemberg. Cette dernière se traduit notamment par un placement du fruit comme dernier stade de développement (Bautier *et al.*, 2000) et par la description d'une intervention humaine utilitaire à la fin du processus de

⁸ Les manuels, correspondant aux programmes officiels de 2008, des éditeurs Belin, Bordas, Hachette, Hatier, Magnard et Nathan ont été analysés.

développement telle l'utilisation des fruits à des fins culinaires, commerciales ou décoratives.

En effet, la majorité des élèves du Bade-Wurtemberg placent l'image de la plante comportant le(s) fruit(s) en dernier (Figure n°2). Ce placement s'effectue essentiellement avec les plantes de culture alimentaire (plante de poivron et poirier)⁹.

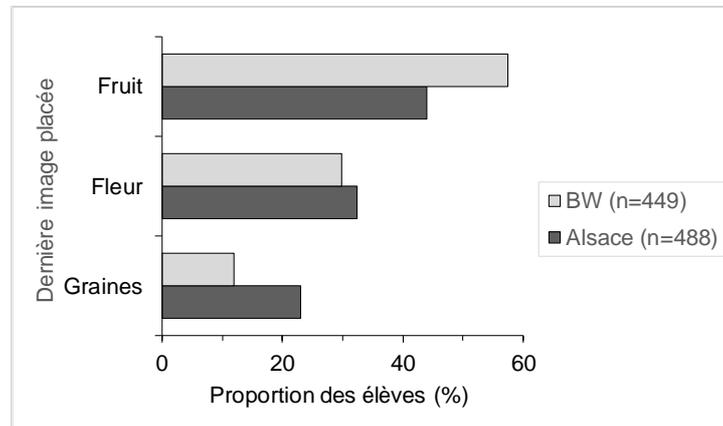


Figure n°2 : Pourcentage des élèves qui placent soit l'image comportant les graines, la plante en fleur(s) ou avec fruit(s) en dernier en fonction de la région

La description d'une intervention humaine utilitaire a été exprimée par 214 élèves du Bade-Wurtemberg et 124 d'Alsace. Parmi eux, 273 élèves ont évoqué la récolte du fruit (176 du Bade-Wurtemberg et 96 d'Alsace).

Bien que la plupart des élèves décrivent le développement de la plante de manière linéaire, l'explication diffère entre les élèves d'Alsace et ceux du Bade-Wurtemberg. Tandis que les premiers se focalisent davantage sur le devenir de la plante, verbalisant la fanaison voire la mort de la plante, la continuation de la croissance ou le développement de nouveaux fruits, les seconds évoquent l'intérêt de la plante pour l'humain.

D'autres investigations devront être menées pour clarifier les facteurs influençant ces différences d'approches.

Notons également que beaucoup d'élèves ont des difficultés à généraliser la reproduction sexuée à l'ensemble des plantes étudiées. Cette difficulté a également été remarquée par Boyer (2000) ainsi que Nyberg et Andersson (2004).

⁹ Le placement de l'image de la plante en fleur(s) à la fin du développement s'est essentiellement effectué pour le rosier.

Comparaison entre les conceptions des élèves et des scientifiques anciens

Les conceptions de la formation des graines

La seconde comparaison met en évidence que certaines conceptions liées notamment à la formation des graines qu'ont pu développer les anciens scientifiques sont identiques à celles des élèves. Le tableau suivant présente quelques exemples de conceptions des anciens scientifiques et des élèves qui sont en rupture avec le modèle botanique actuel du cycle de vie des plantes à fleurs. Il est à noter, que ces discours sont essentiellement apparus chez les élèves de 10-11 ans.

Idées véhiculées	Conceptions en rupture avec le modèle botanique du cycle de vie	
	des élèves	des anciens scientifiques
Graines issues de la plante	<p>« Ça commence à former des graines dans la tige et on va pouvoir les récupérer » (élève de CM2, Alsace)</p> <p>« De la terre. Je crois par les racines, une graine peut se développer. Je crois, cela doit également être un pommier » (élève de CM2, BW)</p>	A. Césalpin (1519-1603) : Les jeunes graines sont issues de la « moelle de la tige » sous l'effet de la chaleur vitale (Wit, 1993, p. 198)
Les abeilles empêchent la formation des fruits/graines	« Ça butine les fleurs et après il n'y aura plus de fleurs et moins de pommes » (élève de CM2, Alsace)	G. Pontedera (1688-1757) : les graines se développent « dans l'ovaire à la suite du déplacement du nectar venant des glandes situées au voisinage » (Wit, 1993, p. 223). Les abeilles, en butinant les fleurs, récoltent le nectar et le pollen et empêchent ainsi la formation des graines (Wit, 1993)
La graine, capable de germer, se forme sous la terre	« Les graines se forment en un grain / un pépin » (élève de 5 ^e , BW) (avec l'idée d'une transformation de la graine issue de la plante avant de pouvoir germer)	F-J Schelver (1778-1832) : « Une graine végétale doit [...] recevoir encore de l'extérieur "la vie" en supplément » (Wit, 1993, p. 409)

Tableau n°5 : Conceptions en rupture avec le modèle botanique actuel :
cohérences entre les discours des élèves et des anciens scientifiques

Obstacles épistémologiques

Deux obstacles épistémologiques ont pu être identifiés auprès des anciens scientifiques et des élèves interrogés. Le premier concerne la définition des fleurs par leur rôle. Ne pas considérer les fleurs comme des organes reproducteurs empêche une différenciation des éléments mâle et femelle de la / des fleur/s et maintient ainsi une vision globale du « cœur » de la fleur. Cet obstacle empêche également de comprendre l'existence même d'une reproduction sexuée et des processus-clés (pollinisation et fécondation, formation des fruits et des graines) ainsi que de la perpétuation de l'espèce avec brassage génétique. Le fait que la reproduction sexuée ne soit pas visible à l'œil nu rend sa représentation plus difficile. Les plantes, étant considérées comme « statiques », la rencontre entre les éléments mâles et femelles semble difficilement concevable.

Le second obstacle concerne la difficulté à généraliser le processus de formation des fruits et des graines à l'ensemble des plantes à fleurs. Théophraste (372-287 av. J.-C.), par exemple, n'arrive pas à définir une théorie « générale » de la formation des graines et des fruits (Morton, 1981). Pour lui, la formation des graines se fait après ou avec la fleur, sans que les deux soient nécessairement liés. Il décrit notamment des plantes qui produisent des fruits sans qu'il y ait eu de fleurs apparentes (le figuier qui a un sycone¹⁰). D'autres plantes semblent avoir des fleurs fertiles et stériles (tel que le concombre avec ses fleurs mâles et femelles¹¹). Théophraste considère les fleurs stériles du concombre comme des fleurs incomplètes qui empêchent la croissance même du concombre et qu'il faut donc ôter.

Cette difficulté de généralisation est également retrouvée chez les élèves, dont certains ont exprimés des modèles mentaux différents en fonction des plantes décrites. En effet, ces différences ont été constatées dans l'enquête exploratoire par entretiens et confortées dans l'enquête principale par questionnaire. Dans ce dernier, 71% des élèves ayant répondu à deux questionnaires portant sur des plantes différentes et pour lesquels des modèles mentaux ont clairement pu être identifiés (n=206), ont exprimé des conceptions différentes en fonction des plantes abordées (Quinte, 2016, 2020). Cette difficulté peut être liée à une certaine catégorisation ou différenciation des plantes faites par les élèves principalement en

¹⁰ L'inflorescence est à l'intérieur de ce que l'on pourrait qualifier de jeune figue (dans la langage quotidien) qui doit être pollinisée et fécondée avant de se développer en figue comestible telle que nous la connaissons. Le réceptacle floral est donc refermé sur lui-même, ce qu'on appelle un conceptacle.

¹¹ Seules les fleurs femelles se développent en fruits mais nécessitent tout de même le pollen de la fleur mâle.

fonction de leur morphologie et leur « utilité » (alimentaire, décorative, etc.) (Krüger & Burmester, 2005).

Conclusion et perspectives

Cette étude a mis en évidence des différences de raisonnement (cyclique *vs* linéaire) et d'approche (biocentrée *vs* anthropocentrée) entre les conceptions des élèves d'Alsace et du Bade-Wurtemberg ainsi que des similitudes relatives à la difficulté de définir la fleur par son rôle et de généraliser la reproduction sexuée à l'ensemble des plantes à fleurs. Ces difficultés ont également été identifiées dans le cadre de l'analyse historico-épistémologique et semble constituer des obstacles épistémologiques forts.

L'identification des conceptions des élèves ainsi que l'analyse historico-épistémologique constituent deux éléments nécessaires du modèle théorique de la reconstruction didactique (Kattmann *et al.*, 1997) qui a pour objet de proposer une structuration didactique pour un sujet défini. Ce modèle théorique semble complémentaire au cadre théorique de la transposition didactique utilisé dans la présente étude. En effet, le modèle de la reconstruction didactique souligne l'importance de la prise en compte d'une clarification de l'objet scientifique (1), dans la confrontation avec les conceptions des élèves (2) pour en dégager une structuration didactique (3). Nous pourrions ainsi, à partir des résultats, concevoir et proposer quelques éléments de structuration didactique permettant aux élèves de construire des conceptions scientifiques du cycle de vie. Il s'agira cependant de poursuivre les enquêtes afin d'évaluer l'impact de ces propositions didactiques et de les réajuster. La reconstruction didactique est en effet un processus itératif entre les conceptions d'élèves, la clarification de l'objet scientifique et de la structuration didactique proposée.

Ces résultats ont été la base de réflexion du projet EcoDiPlant. Avec les partenaires français (Prof. Denise Orange Ravachol et Catherine Boyer de l'université de Lille), allemands (Prof. Annette Scheersoï et Amélie Tessartz de l'université de Bonn) et belge (Prof. Christian Orange de l'université libre de Bruxelles) nous poursuivons et approfondissons ces investigations à la fois au niveau des contextes scolaires et socio-culturels et au niveau des répercussions que peuvent avoir les différences d'approches sur les apprentissages et la compréhension des questions environnementales. Les spécialisations et axes de recherche des différents partenaires permettent d'élargir ces premiers résultats : à l'éducation au développement durable (Orange Ravachol & Orange,

2019), aux pratiques langagières dans les manuels scolaires (Quinte & Boyer, 2019), à la théorie de l'intérêt personne-objet (Scheersoi & Tessartz, 2019). Nous étudions les relations entre l'intérêt (ou le manque d'intérêt) et la construction de connaissances scientifiques solides par les élèves ainsi que leurs argumentations relatives aux thématiques issues du développement durable.

Bibliographie

- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Retz.
- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique : Contribution à une psychanalyse de la connaissance*. J. Vrin.
- Bautier, É., Manesse, D., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2000). Le cycle de vie du Cerisier : Une narration "scientifique". *Repères : Diversité narrative*, 21, 143–164.
- Boyer, C. (2000). Conceptualisation et actions didactiques à propos de la reproduction végétale. *ASTER*, 31, 149-171.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage.
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholê : cahiers de la recherche et du développement*, 16, 55–70.
- Clément, P. (2004). Science et idéologie : Exemples en didactique et épistémologie de la biologie. *Actes du Colloque Sciences, médias et société. ENS-LSH*, 53–69.
- Develay, M. (Éd.). (1995). *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : Une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF.
- Driver, R., Rushworth, P., Squires, A., & Wood-Robinson, V. (2005). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.
- Gropengießer, H. (1997). *Didaktische Rekonstruktion des « Sehens »: Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung* Carl-von-Ossietzky-Univ. Oldenburg. [Thèse de doctorat].
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Éd.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer-Verlag.
- Groux, D. (1997). L'éducation comparée : Approches actuelles et perspectives de développement. *Revue française de pédagogie*, 121(1), 111-139.
- Haguenaer, C. (1991). *Comprendre par les cycles ... Et les cycles pour apprendre ou le concept de cycle, indicateur de la connaissance, des sciences de la nature à l'écologie forestière*. Université de Nancy I. [Thèse de doctorat].
- Karr, J. R. (2002). What from Ecology is Relevant to Design and Planning. In B. R. Johnson & K. Hill (Éd.), *Ecology and design: Frameworks for learning*. (p. 133-172). Island Press.
- Kattmann, U., Gropengießer, H., Duit, R., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion-Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3–18.
- Kaufmann-Hayoz, R., & Di Giulio, A. (Éd.). (1996). *Umweltproblem Mensch: Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln*. P. Haupt.

- Krüger, D., & Burmester, A. (2005). Wie Schüler Pflanzen ordnen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 85–102.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2008a). *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire* (Bulletin officiel hors-série n°3).
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2008b). *Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre* (Bulletin officiel spécial n°6).
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2004). *Bildungsplan 2004—Realschule*. auteur.
- Morton, A. G. (1981). *History of botanical science: An account of the development of botany from ancient times to the present day*. Academic Press.
- Musset, M. (2009). Sciences en classe, sciences en société. *Dossier d'actualité de la VST*, 45. <http://www.istic-ibse.org/sites/default/files/upload/media/ressources/pedago/11461/VST45-mai-2009.pdf>
- Nyberg, E., & Andersson, B. (2004). Elementary school students' understanding of life cycles. In M. Ergazaki, J. Lewis, & V. Zogza (Éd.), *Trends in biology education research in the new biology era. Proceedings of the Vth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*. Patras University Press.
- OCDE. (1999). *Mesurer les connaissances et les compétences des élèves—Un nouveau cadre d'évaluation*. <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694005.pdf>
- Orange, C., & Orange Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : Sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, 17, 46–61.
- Orange Ravachol, D., & Orange, C. (2019). Biologie des plantes et discours scolaires sur le développement durable. *bildungsforschung*, 1.
- Quinte, J. (2016). *Cycle de vie des plantes à fleurs—Lebenszyklus der Blütenpflanzen. Etude comparative des conceptions d'élèves en Alsace et au Baden-Württemberg*. Université de Strasbourg et Pädagogische Hochschule de Karlsruhe. [Thèse de doctorat,].
- Quinte, J. (2020). Conceptions d'élèves au sujet du cycle de vie des plantes à fleurs : Approche comparative franco-allemande. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*.
- Quinte, J., & Boyer, C. (2019). Le cycle de vie des plantes vertes dans les manuels scolaires actuels de 6ème en France et en Allemagne. *bildungsforschung*, 1.
- Quinte, J., Lindemann-Matthies, P., & Lehnert, H.-J. (2012). Denkmodelle vom Lebenszyklus der Samenpflanzen. *Erkenntnisweg-Biologiedidaktik*, 11, 37-52.
- Scheersoï, A., & Tessartz, A. (2019). Pourquoi l'intérêt pour les plantes devrait nous intéresser ?! *bildungsforschung*, 1.
- Vosniadou, S. W. F., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123–183.
- Wit, H. C. D. de. (1992). *Histoire du développement de la biologie* (Vol. 1). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Wit, H. C. D. de. (1993). *Histoire du développement de la biologie* (Vol. 2). Presses polytechniques et universitaires romandes.

Représentations d'étudiants tunisiens de Master sur la notion de mort en lien avec le don d'organes

Touzri Takari, Souad⁽¹⁾

⁽¹⁾Laboratoire Biotechnologie et Valorisation des Bio-Géo Ressources (LR11ES31), Institut Supérieur des Études Appliquées en Humanités de Zaghouan (ISEAHZ) Université de Tunis– Tunisie

Introduction

L'invention de la notion de mort cérébrale, en 1968, par la commission de l'école de médecine de Harvard, semble problématique. La définition de la mort avant 1968 est ce que l'on appelle la mort cardiaque. D'après Vivien et Milena (2014, p. 1) la médecine, le sens commun ainsi que la législation en vigueur, définissent la mort comme étant l'arrêt des battements du cœur et l'exhalaison du dernier souffle.

Mais la pertinence de cette dernière définition est mise en doute, après cette date, car elle n'est pas en faveur du don d'organes *post mortem*. Selon les bonnes pratiques relatives au prélèvement d'organes à finalité thérapeutique sur personnes décédées, une ventilation mécanique et une fonction hémodynamique sont requises pour avoir un organe transplantable de bonne qualité. Dans ce cas, le donneur est-il considéré comme un donneur potentiel ou bien comme un patient nécessitant une réanimation ?

Ce genre de débat fait de la notion de don d'organes *post-mortem* une question socialement vive. Cette dernière est définie selon trois niveaux de vivacité : dans la société, dans les savoirs de référence et dans les savoirs scolaires (Legardez & Simonneaux, 2006). La question du don d'organes est un problème de santé publique, dont certains savoirs de références, comme la notion de mort encéphalique, sont encore problématiques¹. Cette

¹. De plus, cette notion est un savoir largement abordé dans un cours de bioéthique, par exemple.

question de santé publique constitue un enjeu social, au sens de Albe (2009), qui mobilise des représentations, des valeurs, des intérêts qui s'affrontent.

Depuis l'antiquité, le serment d'Hippocrate (420 avant J.-C.) témoigne, d'après Ambroselli (1988, p. 12), « du sens que les médecins avaient de leur mission (...) de ne pas nuire ». En effet, l'engagement du médecin envers le receveur, dans le cas de don d'organes *post mortem*, ne pourrait pas s'exprimer par une sorte de malveillance pour le donneur. Puisque ce dernier bénéficie d'une réanimation destinée non pas à lui, mais au receveur de l'organe. Des actes invasifs et des traitements sont destinés à préserver la viabilité de l'organe et pas à sauver la vie du donneur.

Ce genre de débat est également initié par le philosophe Jonas dès 1968 (Jonas, 1969, 1983 et 1993). Il prend ouvertement position contre le don d'organes *post mortem*. D'après Gateau, (2009, p. 28), la définition de la mort qui peut être pensée en vue du prélèvement d'organes est pour Jonas tout à fait problématique parce qu'elle prive cette définition de toute pureté théorique. Pour Jonas, le but de la définition de la mort cérébrale d'individus, par le comité Harvard, est de « précéder leur mort cardiaque pour prélever leurs organes, dans l'intérêt d'autres patients ».

On se trouve, en effet, entre deux représentations de la notion de mort : la mort cérébrale scientifiquement conçue et considérée, par l'organisation mondiale de la santé et à l'échelle nationale tunisienne, comme le critère médico-légal du décès et la mort culturellement conçue comme arrêt cardiaque.

Par ailleurs, indépendamment des limites médicales, techniques et axiologiques (par exemple la représentation d'un corps éviscéré) auxquelles se heurte la transplantation d'un organe, la représentation sociale de la notion de mort peut-elle encore s'opposer, chez des étudiants en master de biologie moléculaire et santé, au don d'organes *post mortem* ?

Cadre théorique didactique

Notion de représentation sociale

Pour définir la notion de représentation, nous pouvons revenir au sociologue Durkheim (1898) qui, semble-t-il, a proposé le premier le terme de « représentations » en tant qu'une interprétation collective de certaines réalités sociales. Ce concept réapparaît plus tard et acquiert d'autres sens.

Par exemple, Moscovici (1961, p. 300) considère que les représentations sociales font partie d'une famille de concepts : idéologie, vision du monde, mythe, utopie. Ils se réfèrent

tous à une élaboration théorique censée refléter les rapports sociaux tout en contribuant à les édifier. Tel qu'il est étudié par Moscovici (1961), le concept des représentations sociales est varié car on y trouve aussi bien des opinions, des images, des croyances, des stéréotypes voire des attitudes.

Selon Abric (1996, p. 11), la représentation sociale est « un ensemble organisé et hiérarchisé de jugements, d'attitudes et d'informations qu'un groupe social élabore à propos d'un objet ». Cette recreation subjective entachée de croyances, d'opinions et de valeurs, pouvant être différentes de la réalité objective et que partage un groupe social sont les représentations sociales.

Enjeux des représentations sociales

Abric (1994, p. 15) distingue quatre fonctions des représentations sociales. La première est une fonction de savoir : « elles permettent de comprendre et d'expliquer la réalité (...). Elles permettent aux acteurs sociaux d'acquérir des connaissances et de les intégrer dans un cadre assimilable pour eux ». La deuxième est une fonction identitaire : « elles définissent l'identité et permettent la sauvegarde de la spécificité du groupe ». La troisième est une fonction d'orientation : « elles guident les comportements et les pratiques ». La dernière est une fonction justificatrice : « elles permettent *a posteriori* de justifier les prises de position et les comportements ».

En fait, et d'après Roussiau et Bonardi (2001, p. 15), la définition d'Abric permet d'ancrer la représentation sociale sur trois piliers proposés par Moscovici, le promoteur de cette théorie : une dimension structurale (la représentation est un ensemble organisé) ; une dimension attitudinale (position évaluative vis-à-vis de l'objet de représentation) et un niveau d'information détenu par l'individu à l'intérieur de (ou des) groupe(s) d'appartenance et à propos d'un objet donné. C'est parce que les représentations ont un enjeu dans les attitudes et les prises de décisions qu'elles méritent d'être étudiées dans le cas du don d'organes.

Le concept de représentations est emprunté par la suite par d'autres disciplines. On le retrouve en psychologie et en pédagogie avec Piaget (1965), dans les théories constructivistes. C'est parce que, selon Mathy (1997), il est plus neutre, plus harmoniste et moins « virulent », que celui d'idéologie, qu'il est possible de l'utiliser en didactique. En effet, depuis les années 70, il est l'objet de multitudes de recherches en didactique (Astolfi, 1997 ; Astolfi & Develay, 1989 ; Giordan & De Vecchi, 1994 ; etc.).

Notion de conceptions

La notion de conception remplace parfois celle de représentation dans les travaux de didactique. Elle renvoie à un déjà-là au moment de l'apprentissage. Les conceptions ou ces outils intellectuels sont doués d'un certain dynamisme. En effet, ce pré-acquis, même s'il est faux, est organisé chez l'apprenant en un système explicatif ; il est personnel et fonctionnel ; il n'est pas nécessairement exprimé (Astolfi *et al.*, 2008). Et il peut s'opposer à l'apprentissage. D'après Bachelard (1938, p. 16), « il est alors impossible de faire d'un seul coup table rase des connaissances usuelles. Face au réel ce qu'on croit savoir clairement offusque ce qu'on devrait savoir ».

En effet, l'acquisition de connaissances ne se fait pas par simple juxtaposition. Les conceptions sont en effet résistantes aux apprentissages, elles sont inhérentes et réapparaissent dans plusieurs circonstances. Ces caractères des conceptions nous semblent, dans ce travail, jouer un rôle dans la prise de décision éventuelle de don d'organes *post-mortem*.

D'après Orange et Ravachol (2013, p. 54), la construction par un élève d'une production explicative et de la représentation correspondante partage avec la modélisation des scientifiques le fait d'articuler des éléments appartenant à un registre empirique (celui des phénomènes dont on cherche à rendre compte, à expliquer) avec des éléments appartenant au registre des modèles (celui des constructions explicatives), selon le schéma proposé par Martinand (1992).

Ces distinctions entre registre empirique et registre des modèles, et leur articulation, sont fondamentales et caractérisent les problèmes en sciences de la nature. Selon ce dernier registre, quelles conceptions de la notion de mort des étudiants en master peuvent-ils mobiliser ? La conception de la mort met en jeu certaines notions qui peuvent appartenir :

- au registre empirique : arrêt respiratoire, arrêt cardiaque, électro-encéphalogramme plat, etc. ;
- au registre du modèle : mort, mort encéphalique, etc.

Cela nous donne deux types de conception de la notion de mort : la mort avec arrêt cardiaque et la mort cérébrale.

Nous avons abordé la notion de représentation selon cette approche transdisciplinaire pour montrer son caractère cognitif individuel (production mentale) et social (socialement élaborée et partagée).

Cadre scientifique

Notions de don d'organes et de consentement

Le don d'organes est un prélèvement d'organes ou de tissus sur un donneur bénévole consentant. Le tissu ou l'organe prélevé va être greffé à un receveur gravement malade. Lorsqu'il est prélevé d'une personne en mort cérébrale, il s'agit de don *post mortem*.

La greffe d'organes et de tissus est relativement ancienne en Tunisie². La loi n° 91-22 du 25 mars 1991 relative au prélèvement et à la greffe d'organes humains en a défini le cadre général. Trois lois, deux décrets, trois arrêtés et six décisions ont mis l'accent sur trois aspects essentiels : le prélèvement d'organes sur donneur vivant, le prélèvement d'organes sur donneur décédé et l'organisation du prélèvement et des greffes.

D'après l'agence de la biomédecine (2014, p. 9) l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est une institution spécialisée, a exprimé dès 1991 les principes directeurs de la transplantation. L'OMS rappelle que tout doit être fait afin de développer le prélèvement d'organes sur donneurs décédés, puisque cette pratique permet d'éviter une atteinte à l'intégrité corporelle. Depuis 1997, il existe en Tunisie des cellules de coordination, régies par des textes réglementaires, comme le Centre National pour la Promotion de la Transplantation d'Organes (CNPTO)³. Le CNPTO a comme objectifs essentiels l'organisation des prélèvements et le développement du prélèvement sur donneur en mort cérébrale.

Notion de mort cérébrale

Avec l'apparition de certaines techniques de réanimation permettant de rétablir une fonction cardiovasculaire, l'irréversibilité de la mort est mise en question par les scientifiques. Ces nouvelles techniques de réanimation permettent de sauver des vies. Mais dans certains cas de lésions cérébrales graves, d'après Vivien et Melina (2014, p. 3), un sujet relié à un appareil de ventilation artificielle, plutôt que d'être en arrêt cardiaque, peut se trouver plongé dans un état irréversible de totale inconscience, son cœur continuant de battre.

². La première greffe de cornée date depuis 1948 et la première greffe de rein est depuis 1986.

³. C'est une organisation publique chargée d'encadrer les activités de prélèvement et de greffe à l'échelle nationale.

Cette situation troublante, d'après ces auteurs, conduit Mollaret et Goulon, deux neurologues français, à inventer, en 1959, l'expression de « *coma dépassé* » pour décrire cet état au-delà du coma, entre la vie et la mort (Mollaret & Goulon, 1959).

En effet, une nouvelle définition de la mort s'impose durant l'hiver 1967, au Cap, en Afrique du Sud, quand l'équipe dirigée par Christiaan Barnard réalise la première transplantation cardiaque. À la différence d'autres organes, le cœur est un organe unique. Dans le cas de cette première opération de transplantation de cœur, la donneuse est en état de coma dépassé : elle n'est donc pas estimée morte selon le critère traditionnel de la mort à cette date.

La détermination du moment où l'individu passe de la condition de vivant à celle de non-vivant devient alors nécessaire. Ce qui a incité en 1968 la commission de l'école de médecine de Harvard à réexaminer la définition de la mort. Celle-ci passe de la mort avec arrêt cardiaque à la mort cérébrale.

D'après Gateau (2009, p. 28), la notion de mort encéphalique est adoptée dès août 1968 par la communauté scientifique. Le comité de la faculté de médecine d'Harvard, aux Etats-Unis, publie les conclusions de la mort cérébrale. Elles feront dès lors références pour les pays qui l'adoptent en tant que définition légale de mort, comme la Tunisie.

Cette redéfinition ou nouvelle conception de la notion de mort, a pour origine la question de l'arrêt de la réanimation des patients « dans un état désespéré » ainsi que celle des controverses entourant le prélèvement d'organes. Le diagnostic clinique de la mort cérébrale doit être posé par un médecin selon des points essentiels précis⁴. Ces points, qui engendrent encore d'autres critères, comme une mydriase bilatérale, attestent de l'irréversibilité du coma. Un électroencéphalogramme plat s'y ajoute et confirme la mort cérébrale.

Dans certains cas, l'hypothermie et les drogues anesthésiques peuvent rendre l'électroencéphalogramme ininterprétable. L'angiographie cérébrale est l'examen indiscutable qui met en évidence une lésion irréversible du cerveau. En cas de mort cérébrale, le cerveau est lésé si sévèrement qu'il ne peut plus maintenir l'homéostasie. L'ensemble du système nerveux supra-médullaire est abîmé de façon irréversible. La mort cérébrale, chez un patient intubé et ventilé, entraîne au bout de quelques minutes, quelques heures, voire quelques jours, une défaillance circulatoire irréversible et un arrêt cardiaque.

⁴. Présence d'un coma profond avec abolition de la conscience et des mouvements ; abolition des fonctions du tronc cérébral ; absence totale de respiration spontanée et absence totale de tout réflexe.

En fait, on peut distinguer, selon des critères scientifiques précis, la mort cérébrale ou encéphalique de la mort corticale, laquelle conduit aux états végétatifs chroniques. Un patient, en état végétatif, peut vivre pendant des années, même parfois sans respiration artificielle, s'il est alimenté convenablement. Les personnes en état végétatif sont bien vivantes et ne peuvent, en aucun cas, être donneuses d'organes selon la classification de Maastricht.

Classification internationale de Maastricht

Selon certaines visions, la redéfinition de la mort (de l'arrêt cardiaque au coma dépassé ou mort cérébrale) a pour but d'éviter le maintien en survie sous machine des personnes en mort cérébrale et surtout de trouver une solution au don *post mortem*. D'après l'agence de la biomédecine (2014, p. 5), lors d'une réunion à Maastricht en 1995, une classification des décès après arrêt circulatoire a été établie.

Elle identifie clairement deux situations différentes : les donneurs dits non contrôlés (catégorie I, II et IV), qui comportent un degré d'incertitude sur la durée exacte d'ischémie chaude et les donneurs dits contrôlés (catégorie III), où l'état hémodynamique du donneur et le T0 de l'arrêt circulatoire sont souvent plus courts et connus de l'équipe médicale.

La classification internationale de Maastricht a été révisée en 2018. Elle distingue quatre catégories de donneurs⁵ (Agence biomédecine, 2018, p. 21). Elle suscite des situations éthiques différentes⁶.

Notre question de recherche est la suivante : la représentation de la notion de mort, socialement conçue, peut-elle s'opposer à une prise de décision éventuelle de don

⁵. **Catégorie I** : arrêt cardiaque survenant en dehors d'un milieu hospitalier (domicile, lieu de travail, voie publique) et en dehors de tout contexte de prise en charge médicalisée. Le prélèvement d'organes n'est envisagé que si la mise en œuvre de gestes de réanimation de qualité a été réalisée moins de 30 minutes après l'arrêt cardiaque.

Catégorie II : arrêt cardiaque en présence de secours qualifiés, aptes à réaliser un massage cardiaque et une ventilation mécanique efficaces, mais dont la réanimation ne permettra pas une récupération hémodynamique.

Catégorie III : arrêt cardiaque survenant chez une personne hospitalisée pour laquelle une décision d'un arrêt des traitements est prise en raison de son pronostic.

Catégorie IV : personne hospitalisée et décédée en état de mort encéphalique, qui fait un arrêt cardiaque irréversible au cours de la prise en charge en réanimation.

⁶. Il est à préciser que les étudiants du corpus ont reçu des informations de cours de bioéthique relativement à la classification internationale de Maastricht.

d'organes *post mortem*, chez des étudiants en master de recherche biologie moléculaire et santé ?

Méthodologie

Questionnaire

Un échantillon de 22 étudiants en deuxième année master recherche de biologie moléculaire et santé, ayant suivis un cours de bioéthique, dans l'institut de biotechnologie Sidi Thabet, à Tunis, sont invités à répondre, individuellement, à la question suivante :

« On demande à une famille son avis sur la décision favorable ou défavorable au don d'organes. Sachant que la personne est en état de mort cérébrale. Son cœur bat encore (pour une période limitée) et son corps est encore chaud au toucher. Mais son électro-encéphalogramme est plat et une injection de produit de contraste iodé révèle qu'il n'y a plus de circulation cérébrale. Si vous êtes à la place de cette famille, quelle serait votre réponse argumentée :

- a- en cas de mort cérébrale sans arrêt cardiaque ?
- b- en cas de mort cérébrale avec arrêt cardiaque ? »

On explique aux étudiants que dans l'impératif d'urgence, ils vont donner seulement leur avis favorable ou non, mais le prélèvement ne se fera qu'après arrêt cardiaque.

Les étudiants ont pris connaissance qu'en Tunisie, on ne prélève que des donneurs décédés après arrêt circulatoire des catégories I, II ou IV selon la classification internationale de Maastricht (Agence biomédecine, 2018, p. 21).

Méthode d'analyse

C'est un questionnaire sur un échantillon non représentatif de la population tunisienne. L'échantillon est constitué d'étudiants en master de recherche biologie moléculaire et santé. Les catégories identifiées ne concernent que cet échantillon biologiquement instruit. Vu le faible nombre de l'échantillon, le traitement est manuel.

Résultats et discussions

Si nous procédons par une analyse qualitative, nous construisons trois catégories : C1, C2 et C3. Les arguments mobilisés sont regroupés dans le tableau suivant.

<i>Catégories</i>	<i>Exemples d'arguments mobilisés</i>
N= 4/22 C1 : contre le don d'organes	Pour l'étudiant numéro 1 (Et 1), « le corps doit rester intact, personne n'a le droit de toucher le corps. »
N= 6/22 C2 : favorable en cas de mort encéphalique	Et 2, « Car la mort est irréversible ; dans ce cas, l'organe est de bonne qualité » ; Et 3, « même si le cœur bat encore, l'individu va mourir ».
N= 12/22 C3 : favorable en cas de mort encéphalique avec arrêt cardiaque	Et 4, « euthanasier une personne, on a la croyance qu'il est encore vivant » ; Et 5, « la décision est difficile à prendre, c'est vrai que cette personne est en mort cérébrale, c'est une mort médicale mais non une mort culturellement évidente » ; Et 6, « il représente encore des signes physiologiques de vie » ; Et 7, « il faut essayer de sauver la vie jusqu'à la fin, peut-être il existe encore l'espoir de vivre » ; Et 8, « je n'accepte jamais, malgré que je suis très convaincu que c'est une mort irréversible » ; Et 9 « la mort encéphalique n'est pas considérée comme une vraie mort » ; Et 10, « même si les données médicales révèlent qu'elle est une mort, tant que son cœur bat encore, il est chaud au toucher, il respire, je ne veux pas stopper sa vie » ; Et 11, « ce n'est pas éthique de prélever le cœur d'une personne en état de mort encéphalique, on n'est pas sûr de l'irréversibilité de l'arrêt cardiaque ».

Tableau n°1 : Arguments mobilisés par les étudiants interrogés

Interprétation des arguments mobilisés

Pour la première catégorie (C1), la sacralité du corps humain est à l'origine de leur attitude. Pour 4/22 des étudiants interrogés, l'organisme est intouchable après la mort et « le corps doit rester intact » (Et 1). Nous rappelons qu'en lien avec cette représentation de sacralité du corps, certains pays choisissent le régime de consentement explicite, comme le Maroc, l'Allemagne, la Suisse et le Japon. Il est à signaler que d'après l'agence de la biomédecine (2018, p. 19), la sacralité du corps humain, au Maroc, est garantie dès la naissance et se poursuit après la mort. Ainsi, un prélèvement d'organes sans consentement explicite est formellement interdit.

Les réponses classées dans la catégorie (C2), 6/22 sont en faveur de don d'organes en cas de mort encéphalique car c'est la seule solution pour sauver la vie d'un être humain dans le cas d'organe unique comme le cœur. D'après ces étudiants, la mort cérébrale est une mort irréversible et c'est ainsi qu'on arrive à avoir un organe de « bonne qualité » (Et 2). Les

propos classés dans cette catégorie rappellent des notions de cours de bioéthique et de biovigilance. La réanimation du donneur en état de mort encéphalique et le respect strict des délais d'ischémie chaude conditionnent la qualité du transplant. Ces étudiants de la catégorie C2 ont des idées venant de cours sur les controverses autour de la catégorie III de Maastricht. Cette dernière, dite « contrôlée », car l'état hémodynamique du donneur et le T0 de l'arrêt circulatoire sont souvent plus courts et connus de l'équipe médicale. D'où l'argument mobilisé par l'Et 2 : « dans ce cas, l'organe est de bonne qualité ».

Pour analyser la catégorie C3 (12/22), nous rappelons que Jodelet (1989, p. 36) définit les représentations sociales ainsi : « dans leur richesse phénoménale, on repère des éléments divers (...) : élément informatifs, cognitifs, idéologiques, normatifs, croyances, valeurs, attitudes, opinions, images, etc. Mais ces éléments sont toujours organisés sous l'espèce d'un savoir disant quelque chose sur l'état de la réalité ».

En effet, les étudiants de cette dernière catégorie mobilisent des arguments faisant référence aux valeurs, aux opinions, aux croyances, en disant qu' « on a la croyance qu'il est encore vivant » (Et 4) et que « ce n'est pas éthique de prélever le cœur d'une personne en état de mort encéphalique, on n'est pas sûr de l'irréversibilité de l'arrêt cardiaque » (Et 11). En argumentant leur refus, ils mobilisent plutôt des conceptions appartenant au registre empirique : « son cœur bat, il respire, il est encore chaud au toucher » (Et 10). L'Et 8 argumente son refus en disant : « je n'accepte jamais, malgré que je suis très convaincu que c'est une mort irréversible » et pour l'Et 9, « la mort encéphalique n'est pas considérée comme une vraie mort ». Pour l'étudiant Et 10, « même si les données médicales révèlent qu'elle est une mort, tant que son cœur bat encore, il est chaud au toucher, il respire, je ne veux pas stopper sa vie ». On note également que les arguments, comme ceux de l'Et 11, du type « ce n'est pas éthique de prélever le cœur d'une personne en état de mort encéphalique, on n'est pas sûr de l'irréversibilité de l'arrêt cardiaque », sont d'ordre axiologique.

D'autres travaux ont identifié la mobilisation de plusieurs déterminants axiologiques chez un échantillon représentatif de citoyens tunisiens (Hamouda *et al.*, 2010) et chez des étudiants (Touzri Takari, 2017), dans le cadre de don d'organes. Pour expliquer les arguments mobilisés de la catégorie C3, on rappelle que la mort était depuis l'antiquité définie essentiellement par l'arrêt de la respiration, puis l'arrêt des battements cardiaques. Actuellement, la notion de mort cérébrale ne semble pas être acceptée par la catégorie C3 car tant que la chaleur vitale est présente et que l'individu respire, même artificiellement, la mort n'est pas une mort complète pour ces étudiants.

Nous constatons aussi que les propos de ces derniers étudiants rejoignent ceux de Jonas (1969) qui définit l'individu à travers l'unité de son cerveau et de son cœur. La mort, pour lui, comme pour cette dernière catégorie d'étudiants, est la mort concomitante du cerveau et du cœur. La préservation d'une fonction hémodynamique, nécessaire pour avoir un transplant de bonne qualité, n'est pas une mort complète de la personne pour C3. L'Et 11 de la catégorie 3 considère même que l'arrêt de l'activité cérébrale (mort encéphalique) n'est pas un critère essentiel de la mort. Pour lui, avec une personne en état de mort encéphalique, « on n'est pas sûr de l'irréversibilité de la mort ». Pour cette catégorie d'étudiants, comme pour Jonas, cette personne en état de coma irréversible ou de mort cérébrale est une personne mourante et non morte.

Ce genre d'arguments mobilisés par cet échantillon d'étudiants biologiquement instruits pourrait expliquer les fortes réticences aux dons d'organes *post mortem* en Tunisie. Notons que pour remédier aux réticences qu'expriment les Tunisiens envers le don *post mortem*, des efforts de sensibilisation ont été déployés par l'Association Tunisienne de Sensibilisation au Don d'Organes (ATSADO). Ces efforts ont contribué à ramener le taux d'opposition des familles au prélèvement d'organes de 85% à 75% en 2007 et depuis ce taux n'a pas beaucoup changé.

Dans ce cadre de promotion de don d'organes, on note qu'une progression du nombre de greffes rénales sur des personnes dialysées, en Tunisie, s'est faite. Ce taux encore faible, mais en progression. Ceci pourrait s'expliquer par les arguments mobilisés par cet échantillon d'étudiants tunisiens car la progression observée de greffes rénales est due aux donneurs vivants et pas aux dons *post mortem* (Ben Ammar, 2009, p. 115).

Commentaires sur les arguments mobilisés

Le consentement au prélèvement *post mortem* est, selon les pays, un consentement présumé ou explicite. Mais, dans tous les cas, les équipes médicales s'assurent de la non-opposition des familles au prélèvement du décédé, même si ce n'est pas une exigence légale. Puisque l'avis des proches constitue un droit de véto, leurs représentations de la notion de mort auraient un effet sur leurs déclarations de prise de décision au don *post mortem*. En effet, la majorité (16/22) d'arguments identifiés de cet échantillon d'étudiants en master ne semble pas en faveur de don d'organes *post mortem*.

En Tunisie, on peut prélever à partir de la catégorie III de Maastricht. Mais, et selon Hamouda *et al.*, (2010), les refus de dons d'organes par les familles, dans les suites de la

déclaration d'une mort encéphalique, dépassent alors 80%. Ce taux n'est pas loin du taux de 73% (16/22) chez cet échantillon interrogé d'étudiants en master et ayant suivi un cours de bioéthique et de biovigilance.

Notons que pour des raisons éthiques, la France n'a pas envisagé dans un premier temps le prélèvement lorsque l'arrêt cardiaque est consécutif à un arrêt concerté des traitements médicaux (catégorie III). Mais d'autres controverses naissent autour de cette classification. Quand la personne elle-même demande une limitation ou un arrêt des traitements, voire lorsque le médecin prend cette décision, faut-il ou non rendre licite le prélèvement d'organes (catégorie III) ?

En bioéthique, les lois sont constamment révisées à chaque fois que des interrogations sont suscitées par l'évolution de la biologie, de la médecine, voire de certaines exigences et représentations sociales. Ainsi, à la lueur des expériences européennes présentées, des députés français ont invité les sociétés savantes à ouvrir un débat sur la procédure de prélèvements après arrêt cardiaque (catégorie Maastricht III). Il s'agit de la seule catégorie où l'arrêt cardiaque est dit « attendu » ou « contrôlé ». Ce sont des patients décédés en réanimation après arrêt cardiaque faisant suite à un arrêt des thérapeutiques actives.

D'un point de vue législatif, la loi autorise, dans certains pays, cette pratique qui fait l'objet d'un protocole publié par l'agence de la biomédecine en octobre 2014. De fait, les donneurs de la catégorie III de Maastricht représentent, d'après l'agence de la biomédecine (2014, p. 6), plus de 90 % de l'activité de prélèvement sur donneurs décédés dans le monde. Mais cette situation, légale dans certains pays, reste délicate et complexe malgré l'adoption en 2005, en France, de la loi de Léonetti⁷. Cette dernière loi n'est pas adoptée par d'autres pays, comme la Tunisie par exemple.

Plusieurs questions sur la fin de la vie sont encore loin de faire l'unanimité entre les pays et même entre certaines sociétés savantes. Par exemple, la Société Française d'Anesthésie-Réanimation (SFAR) préconise de limiter ce type de prélèvement (catégorie III) à une catégorie précise de patients que sont les comas post-anoxiques.

Conclusion

Notons que l'échantillon interrogé est constitué d'étudiants en master de recherche biologie moléculaire et santé. Ainsi, il ne peut être représentatif que d'une catégorie de

⁷. Loi n°2005-370 du 22 avril 2005 relative aux droits des malades et à la fin de vie.

citoyens biologiquement instruits. Le taux de 16/22 de dons d'organes, soit 73%, nous rappelle aussi le taux d'opposition des Tunisiens au don d'organes qui passe de 85% à 75% en 2007.

Ce taux d'opposition aux dons d'organes de l'échantillon étudié rejoint également le taux de 80% des refus de dons d'organes, par les familles, dans les suites de la déclaration de mort encéphalique, chez un échantillon représentatif, dans les centres hospitaliers de réanimations tunisiens (Hamouda *et al.*, 2010).

La pénurie d'organes est un problème de santé publique qui est en partie dû au refus des familles que l'on prélève les organes de leurs proches en mort encéphalique. Alors qu'en Tunisie, à consentement présumé, avant d'entreprendre tout prélèvement, les équipes médicales doivent interroger les proches pour savoir si le décédé avait de son vivant exprimé un refus au don de ses organes. En fait, puisque l'avis du proche a une valeur légale, sa représentation de la notion de mort pourrait avoir un impact sur sa prise de décision en cas du don d'organes *post mortem*.

Par ailleurs, les soucis qu'expriment 16/22 des étudiants interrogés peuvent s'expliquer par plusieurs controverses qui accompagnent la notion de mort encéphalique. La complexité du fonctionnement du cerveau semble être également à l'origine, chez cet échantillon d'étudiants en master, de plusieurs débats entourant le don d'organes *post mortem*. Par exemple, d'après Thomas (2013), certains états pathologiques peuvent présenter des symptômes de mort cérébrale, sans que la mort soit irréversible (telles certaines intoxications ou pathologies infantiles, ainsi que des cas d'hypothermie).

Il semble également que la naissance de la notion de mort cérébrale, dans un contexte problématique de don d'organes, pourrait expliquer ce degré de scepticisme que nous avons constaté dans les arguments de cet échantillon d'étudiants.

Le refus de la majorité (16/22) de cet échantillon d'étudiants peut s'expliquer aussi par des soucis envers certaines dérives qui pourraient accompagner le don d'organes *post mortem*. Ces soucis persistent, même si, dans des conditions éthiques, plusieurs mesures sont prises en considération.

Bibliographie

- Abric, J. (1994). *Pratiques sociales et représentations*. Paris : Presse Universitaire de France.
- Albe, V. (2009). L'enseignement de controverses socio-scientifiques. Quels enjeux sociaux, éducatifs et théoriques ? Quelles mises en formes scolaires ? *Éducation et didactique*, 3(1), 45-76.

- Ambroselli, C. (1988). L'éthique médicale. *Que sais-je ?* Paris : Presse universitaire de France.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., & Ginsburger-Vogel, Y. (2008). *Mots clés de la didactique des sciences ; repères, définitions, bibliographie*. Bruxelles : De Boeck supérieur.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris : Vrin, édition 2004.
- Ben Ammar, M-S. (2009). *Islam et transplantation d'organes*. Paris : Springer.
- Durkheim, E. (1898). L'individualisme et les intellectuels. *Revue bleue*, 4(10), 7-13.
- Gateau, V. (2009). *Pour une philosophie au don d'organes*. Paris : Vrin.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1994). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre !* Paris : Belin.
- Hamouda, Ch., Ben Hamida, M., Benzarti, N., Zouari, B., & Chebil, M. (2010). Don d'organes et population tunisienne. Opinion et attitudes. *Presse Med*, 39(1), 11-16.
- Jodelet, D. (1989). Représentations sociales : un domaine en expansion. In D. Jodelet (Coord). *Les représentations sociales* (pp. 31-61). Paris : Presse universitaire de France.
- Jonas, H. (1969). Philosophical reflections on experimenting with human subjects. *Daedalus*, 98(2), 219-247.
- Jonas, H. (1983). The Intersubjective constitution of the body-Image. *Human Studies*, 6, 197-204.
- Jonas, H. (1993). *Le droit de mourir*. Traduit de l'allemand par Philippe Ivernel en 1996. Paris : Payot.
- Legardez, A., & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF éditeur.
- Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Mathy, P. (1997). *Donner du sens au cours de sciences*. Paris-Bruxelles : De Boeck.
- Mollaret, P., & Goulon, M-G. (1959). Le coma dépassé (mémoire préliminaire). *Revue neurologique*, 101(1), 3-11.
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse son image et son public*. Paris : Presse universitaire de France.
- Orange, C., & Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences: sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en Education*, 17, 46-61.
- Piaget, J. (1965). *Le constructivisme*. Paris : Que sais-je ?
- Roussiau, N., & Bonardi, C. (2001). *Les représentations sociales. Etat des lieux et perspectives*. Belgique : Pierre Mardaga édition.
- Thomas, Y (1999). Présentation. *Enquête*, 7 | 1999, 13-15. URL : <https://doi.org/10.4000/enquete.1543>
- Touzri Takari, S. (2017). Analyse bioéthique d'une alternative médicale futuriste : la xénogreffe de cœur porcine, in B. Morizot & P-Y. Quiviger, *Noesis, Les limites de la bioéthique* (pp. 171-184), France : Vrin.
- Vivien, J., & Milena, M. (2014). Redéfinir la mort. Entre nécessité pratique et discours éthique. *Terrain*, 62, 24-35.

Encadrement juridique

Agence de la biomédecine (2014). Encadrement juridique international dans les différents domaines de la bioéthique. Accédé le 15/11/2019. URL : [2014_encadrement_juridique_international_vdef.pdf](#)

Agence de la biomédecine - Encadrement international de la bioéthique - Actualisation 2018. Accédé le 15/11/2019. URL : https://www.agence-biomedecine.fr/IMG/pdf/bat_20180403_encadrementinternational_actualisation2017_v3def.pdf

Loi du code tunisien n° 91-22 du 25 mars 1991 relative au prélèvement et à la greffe d'organes humains.

Article 40, L. 2151-2 du code français de la santé publique.

Article 41, L. 2151-5 du code français de la santé publique.

Science, art, philosophie

Étude exploratoire sur les représentations d'étudiants scientifiques de la spécificité des connaissances de différents domaines

Maurines, Laurence ⁽¹⁾, Fuchs-Gallezot, Magali ⁽¹⁾

⁽¹⁾DidascO-EST EA 1610, Univ.Paris-Sud Université Paris-Saclay – France

Introduction

Au cours des deux dernières décennies, l'enseignement scientifique à travers le monde a vu ses missions se renouveler. Il ne s'agit plus uniquement de favoriser et soutenir l'orientation vers les métiers scientifiques mais aussi de permettre l'acquisition par les futurs citoyens d'une culture scientifique qui leur permette d'agir de manière responsable dans des contextes variés pouvant mettre en jeu des questions socio-scientifiques ou liées au multiculturalisme. Cette culture requiert non seulement l'appropriation de connaissances scientifiques mais aussi des connaissances sur ce que sont les sciences, la science, sur ce que les anglo-saxons désignent par l'acronyme *NoS* (*Nature of Science*). En particulier, il est attendu des élèves qu'ils sachent différencier une question de nature scientifique d'une question qui ne l'est pas (OCDE, 2006), distinguer les savoirs, des opinions et croyances (Bidar, 2012), saisir que la « cité scientifique » est ouverte à tous (MEN, 2010). Parallèlement, les enseignants sont invités à la coopération disciplinaire, non seulement entre disciplines scientifiques mais aussi avec les disciplines littéraires et artistiques, et à rechercher des liens entre disciplines (MEN, 2010).

Or les recherches sur les représentations des élèves, des étudiants et des enseignants sur la *NoS* montrent qu'elles correspondent davantage à une image empirico-inductive et réaliste « naïve » des sciences qu'à une vision socio-constructiviste. Les études explorant les

représentations des rapports sciences-religions révèlent l'existence de différentes représentations allant de la non-distinction au conflit (Wolfs, 2013). Les travaux inscrits dans une perspective féministe (Scantelbury, 2014) ou portant sur la créativité (Glaveanu, 2014) révèlent l'existence d'une vision, dite « masculine », qui éloigne les filles des sciences. Celles-ci sont associées à la rationalité, la rigueur et la logique alors que l'émotion et la créativité sont rapprochées de l'art. Des études soulignent le risque de démotivation pour les sciences liées à ces représentations des sciences. Des études discutent la corrélation entre les représentations des sciences et différentes variables comme l'appartenance disciplinaire (Liu & Tsai, 2008) et le genre (Baker, 2003).

Si les recherches sur les représentations de la (des) science(s) sont nombreuses, si celles explorant les relations sciences-religions sont en voie d'augmentation, il n'en existe quasiment pas sur les représentations des relations entre la science et d'autres domaines non scientifiques.

Face à ces constats, nous avons cherché à explorer l'image qu'ont les étudiants entrant en première année d'études scientifiques à l'université Paris-Sud de la connaissance scientifique abordée comparativement aux connaissances de deux domaines de la connaissance connus pour être parfois perçus comme en opposition/contradiction à la science : l'art et la philosophie. Nous poursuivons ici la présentation des résultats obtenus à une question demandant aux étudiants de se positionner relativement à l'affirmation « les connaissances scientifiques, artistiques et philosophiques sont de même nature ». Nous présentons l'approche théorique adoptée et la méthodologie utilisée puis donnons quelques-uns des résultats obtenus à propos de l'analyse de contenu menée sur les verbatims fournis par les étudiants pour justifier leur position.

Cadre théorique et questions de recherche

En nous appuyant sur le concept de pratiques sociales de référence introduit par Martinand¹ (1986), nous avons cherché à caractériser les sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein d'une communauté. Nous avons mobilisé l'ensemble des champs d'étude sur les sciences et avons retenu neuf dimensions pour traduire la cohérence propre

¹ Martinand (1986, p.137) définit les pratiques sociales comme des « [...] activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain » (« pratique ») qui « concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels » (« sociale ») et dont « la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité » mais relève d'une relation de comparaison dont elle constitue la référence.

des pratiques, leur richesse et complexité (voir tableau 1). Cinq se réfèrent à l'épistémologie et permettent de caractériser les savoirs et leurs modalités d'élaboration. Deux autres se rapportent à la sociologie des sciences et permettent de rendre compte de leur inscription dans une communauté (Co) et une société (S). Deux autres encore renvoient à l'histoire et à la psychologie des sciences et permettent d'appréhender l'évolution des pratiques au cours du temps (H) et de caractériser les individus, leurs qualités et attitudes (A).

Dimensions épistémologiques (DE)	1) VCR : visées (V) , caractéristiques générales des savoirs (présupposés et valeurs) (C) , relations entre la science et d'autres domaines (R) 2) Objets d'étude et problématiques (O-pb) 3) Produits obtenus (P) 4) Ressources mobilisées (Re) 5) Elaboration (E) : modalités de construction et de validation des savoirs (activités, démarches, règles)
Dimensions psychologique, sociologiques, historique (DPSH)	6) Attitudes et qualités des individus (A) 7) Communauté scientifique (Co) 8) Société (S) 9) Histoire (H)

Tableau n°1 : La science comme pratiques d'une communauté de personnes agissant en tant que scientifiques

Notre approche rejoint celle proposée par Erduran et Dagher (2014) dans la mesure où elle permet de caractériser les pratiques au sein d'une communauté. Elle s'en distingue néanmoins car nous avons introduit des dimensions pour caractériser les individus (A) et inscrire les pratiques scientifiques dans une société (So) et une histoire (H). Souscrivant en effet à l'approche bio-anthropologique de Morin, nous voulions placer l'Homme, saisi dans toutes ses dimensions, au centre de notre questionnement. Il nous semblait par ailleurs que seule une inscription des sciences dans un contexte socio-culturel donné permettrait de réaliser une approche comparative entre différents domaines de la connaissance et ainsi de répondre à la visée éducative qu'il défend de la nécessité de « faire connaître ce qu'est connaître » (Morin, 1999, p. 2). Comme pour Larochelle et Désautels (1992, p. 5), il ne s'agit pas pour nous « de promouvoir la supériorité du savoir scientifique sur les autres savoirs, mais bien de le resituer au sein de la panoplie des jeux de connaissance inventés par les hommes et les femmes pour organiser, de façon viable, leurs expériences de cognition ».

Un des intérêts d'une approche anthropologique des pratiques est d'offrir un cadre d'analyse multidimensionnel pouvant être mis en œuvre pour caractériser non seulement

les sciences mais aussi d'autres domaines de la connaissance, comme l'art et la philosophie, et ainsi de permettre de dégager leurs points communs et différences. Cette approche conduit à abandonner, y compris pour les sciences, l'affirmation de l'existence de critères de démarcation fort et à défendre l'idée d'un périmètre aux frontières floues/poreuses toujours à reconstruire (Ruphy, 2018).

La caractérisation et mise en perspective de ces trois domaines de la connaissance que sont la science, l'art et la philosophie nécessiterait à elle seule au minimum un article et est à réaliser. Précisons qu'elle suppose de dépasser les dichotomies sujet/objet, universel/particulier, raison/émotion, etc., et d'envisager une approche inscrite dans le paradigme de la complexité généralisée décrit par Morin (2005, p. 4) en ces termes : « Au principe de la disjonction, de la séparation (entre les objets, entre les disciplines, entre les notions, entre le sujet et l'objet de la connaissance), on devrait substituer un principe qui maintienne la distinction, mais qui essaie d'établir la relation ».

Nous apportons ici des éléments de réponse aux questions de recherche suivantes : pour les étudiants, les connaissances scientifiques sont-elles de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques ? Quels types de connaissances considèrent-ils comme semblables, comme différents, présentant à la fois des similarités et des différences aussi bien du point de vue de la nature des connaissances que des modalités de leur élaboration ? Quelles dimensions des pratiques mobilisent-ils pour justifier leur réponse ? Les dimensions mobilisées dépendent-elles de leur réponse par rapport à l'existence d'une spécificité de la connaissance scientifique, de la filière universitaire suivie ?

Méthodologie

Nous explorons les points précédents grâce aux réponses obtenues à l'une des 16 questions d'un questionnaire² passé sous version numérique, à l'aide du logiciel d'enquête SPHINX, auprès de primo-entrants à l'université scientifique et technologique Paris-Sud. Les étudiants ont été interrogés à la rentrée 2013 au cours d'une séance de formation à la culture numérique. Ils devaient tout d'abord se positionner sur une échelle de Lickert à 4 modalités de réponse (tout à fait d'accord, plutôt d'accord, plutôt pas d'accord, pas du tout

² Ce questionnaire visait à explorer les pratiques scientifiques dans leurs différentes dimensions tout en mettant l'accent sur celles qui permettent d'étudier les représentations des étudiants du métier de scientifique (examiné sous ses différentes facettes : investigation, inscription sociale, qualités nécessaires) et du savoir scientifique (abordé comparativement à d'autres domaines de connaissances ou non).

d'accord) sur l'affirmation « les connaissances scientifiques sont de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques » puis justifier leur positionnement au travers d'une question ouverte³. Afin de pouvoir examiner l'impact éventuel de certaines variables, le questionnaire demandait également aux étudiants de préciser leur genre et la filière universitaire dans laquelle ils étaient inscrits (MPI : mathématiques-physique-informatique, PCST : physique-chimie-sciences de la Terre, BCST : biologie-chimie-sciences de la Terre, PCSO : préparation aux cursus scientifiques d'Orsay⁴) ainsi que le baccalauréat obtenu et l'option suivie en terminale scientifique.

L'analyse des réponses fournies par les étudiants a été faite en trois étapes. Nous avons commencé par étudier le positionnement des étudiants et l'impact des variables sur ce positionnement grâce au logiciel SPHINX (Maurines & Fuchs-Gallezot & Ramage, 2016). Nous avons ensuite réalisé une analyse manuelle⁵ de contenu thématique des verbatims fournis par les étudiants en deux temps. Nous avons tout d'abord repéré les différents types de mises en relation des trois types de connaissance établis par les étudiants (Maurines & Fuchs-Gallezot & Ramage, 2018). Il s'est agi d'examiner quels domaines sont mentionnés par les étudiants, s'ils possèdent ou non des points communs, ou bien encore comme ayant à la fois des points communs et des différences. Afin d'estimer la répartition des types de mises en relation et l'impact éventuel du positionnement, nous avons retenu les étudiants qui fournissent un positionnement (N = 580) et un verbatim (N = 373) mettant en relation la connaissance scientifique à l'un ou aux deux autres types de connaissance (N = 329). Nous avons poursuivi l'analyse thématique de contenu en repérant les dimensions des pratiques évoquées par un étudiant grâce à la grille d'analyse des pratiques (cf. tableau 1), et ce indépendamment du nombre de fois où une dimension est évoquée. Le tableau 2 présente des exemples de codage de réponses fournies par trois étudiants, plus précisément du codage de ce qu'ils disent explicitement de la pratique scientifique.

³ Cette question a été en partie inspirée par celle posée par Roletto (1998) : « Y-a-t-il des caractéristiques particulières (aspects fondamentaux) qui différencient la connaissance scientifique des autres formes de connaissance (religieuse, artistique, etc...) ? ». La comparaison science-religion a donné lieu à une autre question (cf. Maurines et al., 2018).

⁴ L'année PCSO est destinée aux étudiants désirant poursuivre des études scientifiques mais n'ayant pas de baccalauréat scientifique. Elle propose des cours en mathématiques, physique, chimie, biologie, géologie.

⁵ La version du logiciel SPHINX à laquelle nous avons accès via l'université ne comporte pas de module d'analyse textuelle.

Exemples de verbatim extrait du corpus	VCR	O	P	Re	E	A	C	S	H
<i>Ces trois domaines demandent d'avoir le sens de l'observation du monde qui nous entoure. Mais les connaissances artistiques n'exigent pas toujours d'avoir des preuves, contrairement aux connaissances scientifiques et philosophiques</i>		x			x	x			
<i>Les sciences sont rigoureuses et s'appuient sur les preuves et tendent à être universelles contrairement aux connaissances philosophiques et artistiques</i>	x				x				
<i>En soi, il s'agit pour ces 3 domaines de raisonnement cartésiens, cependant seules les démonstrations peuvent être similaires, non les connaissances.</i>			x		x				

Tableau n°2 : Exemples de codage de la pratique scientifique décrite par trois étudiants

Afin de déterminer les fréquences d'évocation des différentes dimensions et leur répartition, nous avons dénombré le nombre d'unités d'analyse (ua) repérées pour chaque dimension. Pour estimer l'impact de différents facteurs (positionnement, filière), nous avons rapporté les fréquences d'évocation à l'effectif des populations considérées. Nous avons également cherché à caractériser le degré de richesse (dr) des réponses fournies en rapportant le nombre total d'ua repérées à l'effectif des groupes d'étudiants considérés.

Pour réaliser l'analyse de l'impact des différentes variables sur les dimensions mobilisées, nous avons limité l'échantillon aux étudiants de la faculté des sciences qui ont fourni une réponse brute et renseigné les questions portant sur le genre, la filière et le baccalauréat (N=577), et qui ont fourni un verbatim évoquant les sciences. Le tableau 3 présente les compositions de la population de la faculté des sciences et de cet échantillon de 303 étudiants. Elles ne présentent pas de différence significative.

Effectif	Genre		Filière				Baccalauréat et mention suivie en TS			
	Garçons	Filles	PCSO	MPI	PCST	BCST	S-math	S-PC	S-SVT	autres (ES/L/techno/pro)
601	51.3%	48.7%	13%	30.9%	13.8%	42.3%	19.6%	24.1%	38.6%	20.0%
	598		601				581			
303	57.7%	42.2%	8.2%	34.7%	13.2%	43.9%	25,4%	22,4%	40,0%	14.2%

Tableau n°3 : Caractéristiques de la population d'étudiants de la faculté des sciences (N=601) et de l'échantillon étudié (N=303)

Nous présentons ici une première estimation des résultats obtenus sur les verbatims, la stabilité intersubjective du codage des unités d'analyse restant encore à atteindre.

Résultats

Positionnement des étudiants sur la spécificité des connaissances scientifiques

La figure 1 présente les positionnements relatifs à l'affirmation « les connaissances scientifiques sont de même nature que les connaissances artistiques et philosophiques » fournis par les 580 étudiants de la faculté des sciences qui répondent à la question. Elle montre que les connaissances scientifiques sont perçues comme relativement spécifiques par les étudiants (56,5%) comparativement aux connaissances artistiques et philosophiques (42,5%). La différence de positionnement est significative ($p < 0.01$).

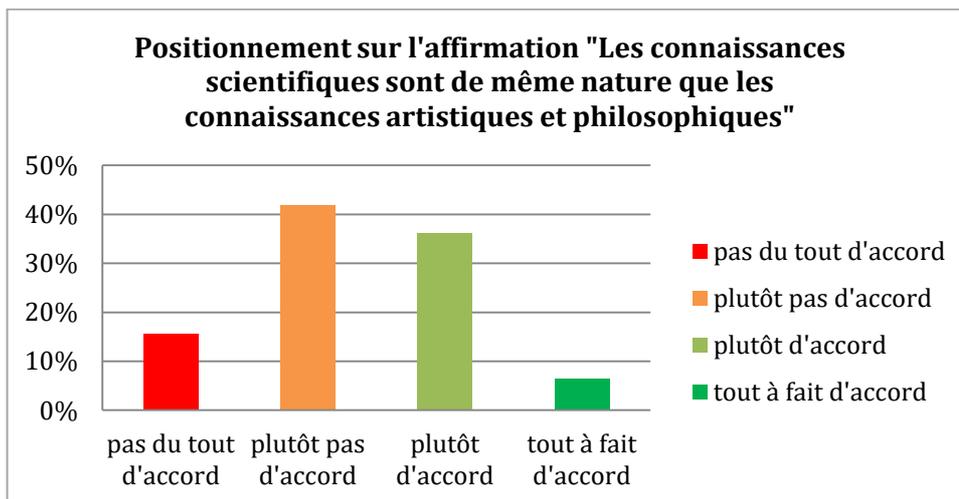


Figure n°1 : Répartition des étudiants à propos de la spécificité des connaissances scientifiques (pourcentages calculés sur le nombre de réponses, N=580)

Similitudes et différences entre domaines de connaissances

Tout d'abord il est à noter qu'un nombre important d'étudiants comparent au travers de leur réponse non pas les connaissances mises en jeu dans chacun des trois domaines mais les domaines et les pratiques associées.

Trois types de mises en relation de ces trois domaines peuvent être repérés dans les réponses des étudiants : l'expression de points communs/rapprochements ou de différences/oppositions uniquement, l'expression simultanée de points communs et de

différences. Les domaines rapprochés peuvent être au nombre de trois (PSA) ou uniquement de deux (SP, SA et PA). Il en est de même pour les domaines opposés (S-P-A, S-P). Le tableau 4 présente des exemples de réponses d'étudiants et de catégorisation.

Similitudes	« tous les types de connaissances sont des vérités », « la science, l'art et la philosophie sont des sciences », « elles sont la somme de plusieurs découvertes qui s'accumulent au fil du temps », « elles donnent du sens à notre vie », « elles demandent toutes un travail sur soi », « elles dépendent de la créativité et de l'intellect des personnes » (SPA)
Différences	« même si elles ont tendance à être confondues, selon moi chaque connaissance apporte chacune une approche différente sur la vision de voir les choses » (S-P-A) « Les sciences peuvent être très concrètes par rapport à la philosophie qui est une vue de l'esprit », « Ils sont différents. La philosophie permet de réfléchir sur le monde et la société alors que la science permet d'avoir plus de connaissances » (S-P)
Similitudes et différences	« La science se base sur la logique, des faits concrets : quand on démontre scientifiquement une théorie on ne peut pas la contredire, contrairement à l'art et la philosophie où on peut facilement avoir des avis différents » (PA-S) « Elles ne sont pas de même nature, les connaissances scientifiques et philosophique réfléchissent sur le monde, tandis que les connaissances artistiques bien que intellectuelles car réfléchissant aussi sur le monde sont avant tout divertissantes » (PSA-A) « Pour les connaissances artistiques, elles ne sont pas acquises de manière expérimentale ou théorique, mais plutôt de façon pratique. Alors que pour les connaissances philosophiques et scientifiques, elles émanent d'une interrogation » (SP-A)

Tableau 4 : Réponses d'étudiants et mise en relation des trois domaines de connaissance

La répartition des types majoritaires de mise en relation identifiés dans l'ensemble des 329 verbatims et dans ceux des étudiants exprimant un accord ou un désaccord avec l'affirmation, et ce, quelle que soit la force de cet accord ou désaccord, est présentée dans le tableau 5.

En ce qui concerne l'ensemble de l'échantillon, le type de mise en relation le plus fréquent correspond à l'expression de similitudes uniquement (38%), la majorité portant sur les trois domaines. Puis vient l'expression de similitudes et différences (29%), et de différences uniquement (21%). Les étudiants d'accord avec l'affirmation explicitent majoritairement des points communs entre les trois types de connaissance (SAP : 68%). Parmi les étudiants en désaccord avec l'affirmation, si une majorité explicite des différences entre les trois types de connaissances (S-A-P : 30%), une certaine diversité de mise en relation peut être identifiée. Peuvent être notamment repérées une mise en tension des connaissances

scientifiques avec les connaissances artistiques et philosophiques considérées comme proches (PA-S), une mise en tension des trois types de connaissances en explorant des points communs et des différences (PSA-S-P-A, SP-A) ou d'autres types de justification.

Échantillon de la faculté des sciences ayant fourni un positionnement et un verbatim mettant en relation S avec P ou/et A	Similitudes			Différences		Similitudes et différences			<i>autres</i>
	PSA	SP	SA, SP	S-P-A-	S-P	PSA-S-P-A	PA-S	SP-A	
Étudiants d'accord et pas d'accord N= 329	34%	2%	2%	17%	4%	15%	10%	4%	12%
	38%			21%		29%			
Étudiants d'accord N=158	68%	4%	4%	3%	0	11%	0	2%	8%
	76%			3%		13%			
Étudiants pas d'accord N=171	2%	0%	0%	30%	8%	18%	19%	6%	16%
	2%			38%		43%			

Tableau n° 5 : Répartition des types de mise en relation des connaissances des trois domaines par étudiant et impact du positionnement

Dimensions des pratiques mobilisées

La figure 2 présente les pourcentages moyens des ua repérées pour chaque dimension des pratiques pour la population d'étudiants de la faculté des sciences fournissant un verbatim et répondant aux questions portant sur les variables genre, filière, baccalauréat (N=303). Elle identifie deux types de dimensions, celles relevant des approches psychologique, sociologique et historique de l'étude des sciences (DPSH en violet), celles relevant d'une approche épistémologique « classique » (DE en bleu). Les dimensions DPSH sont moins présentes que les dimensions DE. La dimension identifiée comme majoritairement mobilisée est la dimension VCR (visées, caractéristiques générales, relations de la science à d'autres pratiques, 62%). Viennent ensuite les dimensions élaboration (43%), produits (24%), objets-problématiques (22%), et société (13%). Les dimensions attitudes, ressources, histoire et communauté sont repérées comme peu mobilisées.

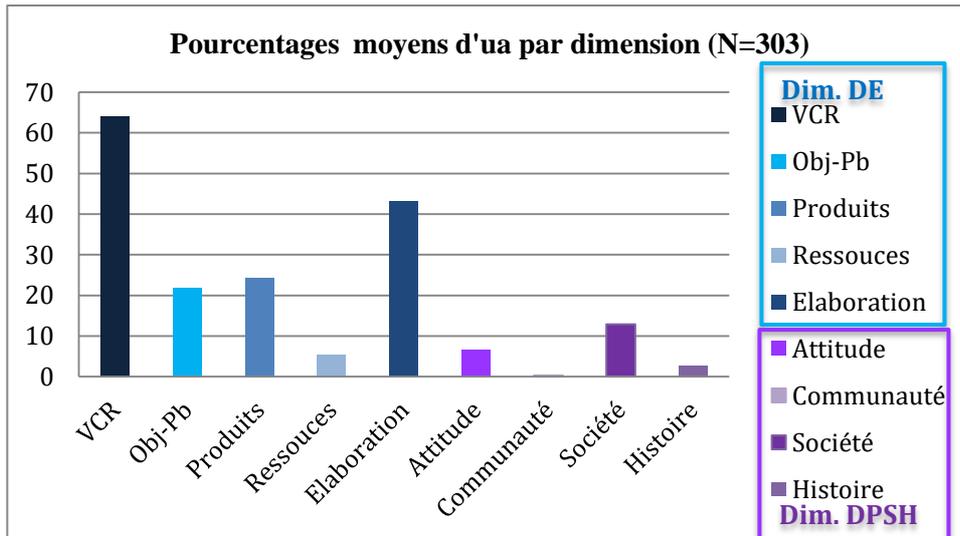


Figure n°2 : Pourcentages moyens d'unités d'analyse identifiées pour chaque dimension pour l'échantillon d'étudiants de la faculté des sciences étudié (N=303)

Les caractéristiques des pratiques évoquées par les unités d'analyse identifiées comme relevant des cinq dimensions épistémologiques (DE) se rapprochent de celles d'une vision empirico-inductive et réaliste naïve des sciences (universalité, objectivité, raison, logique, expérience, observation, faits réels, concret, rigueur, etc.).

Impact du positionnement sur les dimensions mobilisées

La figure 4 présente les pourcentages moyens des unités d'analyse repérées pour chaque dimension des pratiques scientifiques sur les verbatims fournis par les sous-populations d'étudiants d'accord et pas d'accord de l'échantillon de la faculté des sciences étudié.

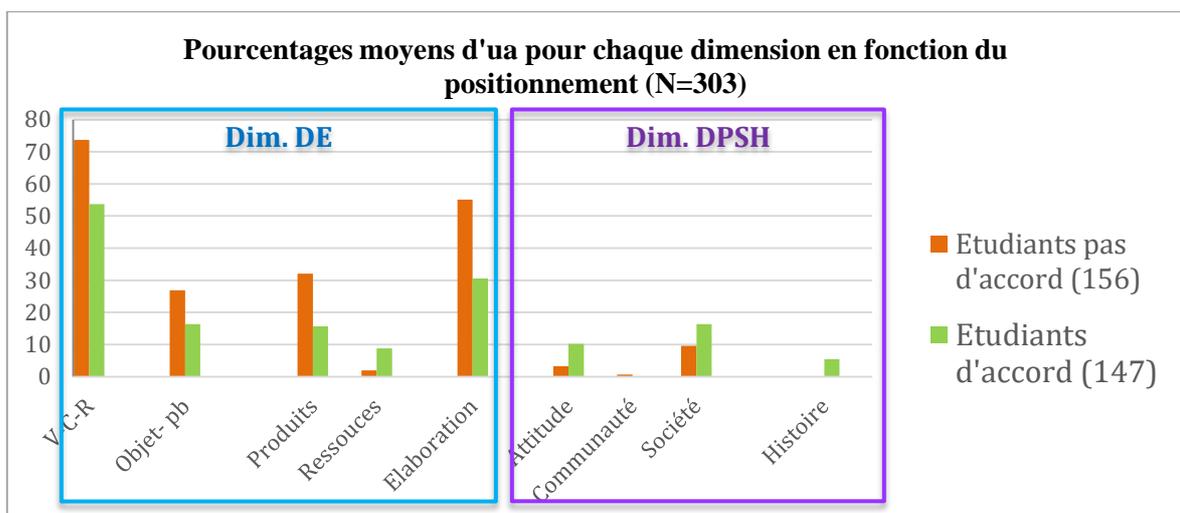


Figure n°4 : Pourcentages moyens d'ua pour chaque dimension en fonction du positionnement

Quel que soit leur positionnement, les étudiants évoquent de manière privilégiée deux dimensions : VCR (respectivement 53% et 73%) et élaboration (31% et 55%). Ils mobilisent les autres dimensions différemment en fonction de leur positionnement. Les étudiants de la sous-population en désaccord proposent davantage d'arguments relevant des dimensions DE : élaboration (55% vs 31%), produits (32% vs 15%), objets-problématiques (27% vs 16%). Seule la dimension ressources des cinq dimensions DE est évoquée de manière privilégiée par la sous-population d'accord (9% vs 2%). Les arguments relevant des dimensions DPSH sont davantage mobilisés par la sous-population en accord : société (16% vs 10%), attitudes (10% vs 3%), histoire (5% vs 0%).

Les étudiants en désaccord avec l'affirmation fournissent des réponses plus riches que les étudiants d'accord avec l'affirmation : le degré de richesse est de 2.0 pour les premiers (317 ua repérées sur 156 réponses) et de 1.6 pour les seconds (231/147), celui de la population totale de 1.8 (528/303).

Impact de la filière sur les dimensions mobilisées

La figure 5 présente les pourcentages moyens d'unités d'analyse identifiées pour chaque dimension pour les différentes filières universitaires. Elle montre que la dimension VCR est mobilisée de manière prioritaire par les populations des différentes filières universitaires. La comparaison des autres dimensions révèle des profils différents. La filière PCSO mobilise davantage la dimension attitudes comparativement aux autres dimensions que les trois autres filières. Les profils des filières MPI et BCST semblent proches et opposés à celui de la filière PCST, la dimension élaboration étant mobilisée prioritairement par les premières et la dimension objets-problématiques par la dernière.

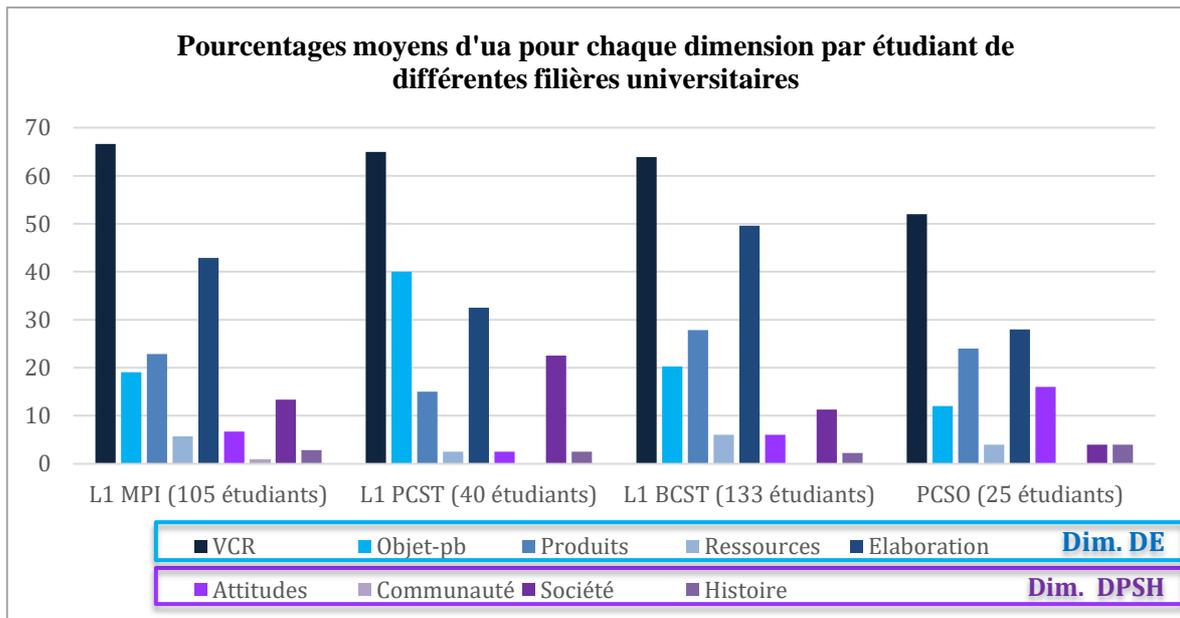


Figure n°5 : Pourcentages moyens d'unités d'analyse identifiées pour chaque dimension pour les différentes filières universitaires de la faculté des sciences (N=303)

La comparaison des degrés de richesse des réponses fournies calculés pour chaque filière montre que les réponses de la population PCSO sont moins riches ($dr = 1.4$) que celles fournies par les populations MPI, PCST et BCST ($dr = 1.8-1.9$).

Discussion et conclusion

Des résultats obtenus à la question à échelle de Lickert et relatifs aux types de mise en relation des trois domaines de connaissance semble se dégager une vision des sciences moins « démarquée » que celle renvoyée par les résultats obtenus par Roletto (1998) auprès de futurs enseignants à la fin des années 90 (environ 60% vs 90%). Cette différence pourrait être liée à l'évolution de l'enseignement des sciences et du contexte socio-culturel. Elle pourrait aussi être liée au fait que, contrairement à Roletto, nous avons posé une question portant non pas sur l'existence de spécificités mais de similarités, et ne mettant pas en jeu la religion. De plus, la population que nous avons interrogée est majoritairement constituée d'étudiants scientifiques contrairement à la sienne⁶.

Si 60% des étudiants n'évoquent qu'un type de mise en relation entre domaines (les deux tiers les rapprochent et le tiers restant les démarquent), environ un tiers fournit des

⁶ Roletto a interrogé 291 futurs enseignants : 42% sont professeurs des écoles stagiaires et 58% préparent le concours du CAPES de physique-chimie.

réponses présentant un certain degré de complexité en mettant en tension et articulant des points communs et des différences entre les trois types de connaissances. La question se pose là encore de savoir si ces résultats, en particulier le dernier, ne sont pas liés à la formulation de la question.

La caractérisation des domaines de connaissance en tant que pratiques sociales nous a conduit à élaborer une grille multidimensionnelle d'analyse et nous a permis de dégager une vision des pratiques, en particulier scientifiques, laissant peu de place aux dimensions psychologique et sociale. On retrouve ici un point dégagé antérieurement à propos des sciences uniquement auprès de lycéens (Driver & Leach & Millar & Scott, 1996). Elle nous a permis également de montrer que les étudiants qui ont une vision « démarquée » des sciences mobilisent les dimensions épistémologiques plus que les autres. Par ailleurs, il semble aussi exister des différences entre filières, différences à interroger compte tenu de l'effectif des filières PCSO et PCST et de la particularité de la filière PCSO. Les étudiants de la filière PCSO mobilisent davantage la dimension attitudes que les autres, ceux de la filière BCST la dimension élaboration et ceux de la filière PCST les dimensions objets et sociétés. On retrouve ici certaines des différences repérées dans l'image des sciences renvoyée par les programmes de sciences du lycée (Maurines, Fuchs-Gallezot, Ramage & Beaufils, 2013).

Cette étude des pratiques, et de l'impact de différentes variables, demande à être poursuivie. L'analyse thématique manuelle pourrait être prolongée par une analyse textuelle informatique. Elle devrait notamment permettre de valider l'hypothèse que les dimensions des pratiques et le lexique mobilisés par les étudiants dépendent de leur positionnement. Elle devrait également permettre de repérer d'éventuelles différences liées au genre et de les rapprocher des quelques différences dégagées sur les réponses fournies au reste du questionnaire (Maurines, Fuchs-Gallezot & Ramage, 2020)⁷.

Les résultats présentés ici restent exploratoires. Issus de l'analyse des réponses à une seule question qui faisait partie d'un questionnaire plus large, non centré spécifiquement sur la comparaison des pratiques scientifiques aux autres, ils sont à interroger. En effet, la question retenue portait sur la comparaison de connaissances de différents domaines, et non sur celle des pratiques. Bien que la plupart des étudiants se réfère aux pratiques des

⁷ Parmi elles, signalons que les qualités d'intuition et d'invention sont davantage valorisées par les garçons que les filles et que ces dernières sont plus nombreuses à penser que l'activité d'un chercheur repose sur l'observation et à mentionner les contraintes liées aux politiques nationales ou internationales de recherche.

trois domaines, les résultats auraient-ils été identiques si l'on avait posé aux étudiants une question centrée non plus sur les connaissances mais sur le sujet qui s'engage dans différentes pratiques de production de connaissances, comme dans la question portant sur les rapports sciences-religions (Maurines, Fuchs-Gallezot & Ramage, 2018) ?

Les résultats obtenus permettent d'émettre des hypothèses sur la caractérisation réciproques des trois pratiques et d'envisager un nouveau questionnaire. De nombreux points seront à examiner, le premier étant le choix des disciplines à comparer, les étudiants ayant beaucoup de difficultés à caractériser l'art, cette pratique leur semblant assez étrangère. Un autre concernera le questionnaire lui-même : comment construire un questionnaire qui permette de mieux saisir la finesse, la diversité, la richesse de la façon dont les étudiants se représentent les caractéristiques des différentes pratiques, le caractère flou ou démarqué des frontières ? Nous retenons de l'étude présentée ici l'intérêt de la comparaison qui oriente les étudiants vers l'explicitation de points communs et de différences.

Bibliographie

- Baker, D. R. (2003). Equity issues in science education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 869-895). Dordrecht: Kluwer Academic publishers.
- Bidar, A. (2012). *Pédagogie de la laïcité*. La Documentation Française.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, England: Open University Press.
- Erduran, S., & Dagher, Z.-R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family categories*. Dordrecht. The Netherlands: Springer.
- Glaveanu V. P. (2014). Revisiting the "Art Bias" in Lay Conceptions of Creativity. *Creativity research journal*, 26(1), 11–20.
- Larochelle, M. & Désautels, J. (1992). *Itinéraires cognitifs d'étudiants*. Bruxelles : De Boeck.
- Liu, S.-Y. & Tsai, C.-C. (2008). Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1055-1073.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J. & Beaufiles, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, 19-52.
- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M. & Ramage, M.-J. (2016). Exploring scientific French college freshmen's images of science: which positioning? *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference*. Part 6, 884-892. Helsinki, Finland: University of Helsinki. Dublin
- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M & Ramage, M.-J. (2018). Représentations des étudiants sur les scientifiques et les savoirs scientifiques : exploration des caractéristiques associées et de leurs spécificités. *Recherches en Education*, 32, 51-71.

- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M & Ramage, M.-J. (2020). Images des pratiques scientifiques : étude de cas auprès d'étudiants entrant en première année d'études scientifiques à l'université Paris-Sud. *Actualité et perspectives des recherches en didactique des sciences et des technologies*. Arras : Artois Presses Université.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaitre et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- MEN (2010). Programmes de Physique-Chimie et de Sciences de la vie et de la Terre pour la classe de seconde. *Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale*, numéro spécial n° 4 du 29 avril 2010.
- Morin, E. (1999). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Paris : Seuil.
- Morin, E. (2005). *Complexité restreinte, complexité générale*. Colloque « Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique ». Cerisy-La-Salle.
- OCDE (2006). Compétences en sciences, lecture et mathématiques. Le cadre d'évaluation de PISA 2006. Paris : Les éditions de l'OCDE.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 26, 11-30.
- Ruphy, S. (2018). Regards philosophiques sur la question de la démarcation entre science et non-science aujourd'hui. *Recherches en Education*, 32, 10-17.
- Scantelbury, K. (2014). Gender Matters: Building on the Past, Recognizing the Present, and Looking Toward the Future. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 187-203). Routledge.
- Wolfs, J.-L. (2013). *Sciences, religions et identités culturelles : quels enjeux pour l'éducation ?* Bruxelles : De Boeck.

**Deuxième partie – Langage et
appropriation des savoirs
scientifiques**

Concepts scientifiques et langage : un regard sur la polysémie

Une étude en biologie et chimie

Bosdeveix, Robin⁽¹⁾, Canac, Sophie⁽¹⁾

⁽¹⁾Universités de Paris, Paris-Est-Créteil

LDAR, Universités d'Artois, Cergy-Pontoise, Paris-Est Créteil, Rouen, Paris, F-75013 Paris, France

Introduction

La construction de concepts scientifiques représente un enjeu majeur de l'enseignement scolaire afin de permettre aux élèves d'accéder à un certain niveau de compréhension du monde, de dépasser la singularité des objets étudiés et de donner aux savoirs une dimension plus systémique. Dans la perspective rationaliste qui est la nôtre, définir un concept, c'est se doter d'outils intellectuels pour résoudre un problème donné. Reprenant à notre compte la dualité entre concepts quotidiens et concepts scientifiques proposée par Vygotski (1934/1997), les concepts scientifiques se distinguent par leur caractère explicite et leur dimension langagière. « Ils vivent à travers des représentations symboliques – au premier chef, le langage, et les autres systèmes symboliques en mathématiques » (Rogalski, 2008, p. 36). Si de nombreuses recherches en didactique ont montré l'importance des pratiques langagières dans les apprentissages en sciences (*e.g.* Buty & Plantin, 2008 ; Jaubert, 2007 ; Lhoste, 2017), notre étude se focalise sur la relation complexe entre les concepts scientifiques et les mots pour les nommer qui peuvent présenter un caractère polysémique. Dans les exemples que nous allons présenter, un même signifiant (nom ou formule) est associé à plusieurs concepts scientifiques suivant le contexte. À la suite de Canguilhem (1994), rappelons qu'« un même mot n'est pas un même concept. Il faut reconstituer la synthèse dans laquelle le concept se trouve inséré, c'est-à-dire à la fois le contexte conceptuel et l'intention directrice des expériences ou observations » (*Ibid.*, p. 177). Si cette polysémie est une richesse pour l'expert, elle peut être source de difficultés pour le novice (Bosdeveix, 2017 ; Canac & Kermen, 2016).

L'enseignant.e joue un rôle essentiel pour permettre aux élèves de construire cette articulation entre signifiant et signifiés dépendant étroitement du contexte et du problème travaillé.

Notre projet de recherche est de réaliser un état des lieux des pratiques enseignantes relatives à ce travail didactique. Cette étude se situe dans le champ de la didactique de la biologie et de la chimie, partageant des caractéristiques épistémologiques communes, telles que l'importance de la modélisation dans la construction de savoirs scientifiques ainsi qu'une place conséquente accordée à la classification, constituant l'un des six styles fondamentaux de la pensée scientifique (Crombie, 1994). En chimie, nous focalisons sur l'introduction du langage symbolique en collège (noms et formules des espèces chimiques, des atomes et des molécules). En biologie, nous nous intéressons à l'activité classificatoire en collège et lycée, en prenant pour exemple le groupe des végétaux. Ces deux thèmes ont un potentiel pour les didactiques de nos deux disciplines. En effet, le langage symbolique de la chimie est très utilisé en biologie et les classifications (étudiée ici dans un contexte biologique) sont présentes en chimie (classification périodique des éléments, classification acide / base, oxydant / réducteur, ...).

Cette communication portera sur l'étude du déterminant institutionnel des pratiques enseignantes (Kermen, 2018), à savoir les instructions officielles de l'enseignement secondaire et les manuels scolaires, constituant une ressource pour les enseignant.e.s. Notre question de recherche est la suivante : pour un signifiant donné, comment la diversité des signifiés est-elle prise en compte par les programmes et dans les manuels, et en particulier, quel est le degré d'explicitation de la polysémie du signifiant ainsi que la nature des articulations entre les différents signifiés ?

Analyse épistémologique : la relation multiple entre signifiant et signifiés

Le langage symbolique de la chimie

Depuis Johnstone (1993), la recherche en didactique de la chimie s'intéresse aux difficultés rencontrées par les élèves ou les étudiants face à un enseignant se déplaçant constamment entre le registre des représentations, les réalités perçue et idéalisée, et leur interprétation en termes de modèles microscopiques – entités microscopiques – ou de modèles macroscopiques – réaction chimique (Kermen, 2018). Dans l'exemple de la combustion du méthane, les élèves commenceront par décrire ce qu'ils observent : une flamme, de la

fumée, des gouttelettes, ... (réalité perçue, Figure n°3). Puis, à partir de la connaissance des espèces chimiques présentes, ils pourront dire que le méthane brûle dans le dioxygène et que cela donne du dioxyde de carbone et de l'eau (réalité idéalisée, Figure n°3). En utilisant, le modèle macroscopique de la réaction chimique, ils pourront alors écrire une équation chimique à l'aide des symboles et des formules (registre des modèles macroscopique, Figure n°3). Enfin, ils pourront en faire une interprétation au niveau microscopique (registre des modèles microscopique, Figure n°3). Pour « dire » tout cela, ils auront besoin de noms scientifiques, de symboles et formules chimiques (registre des représentations, Figure n°3).

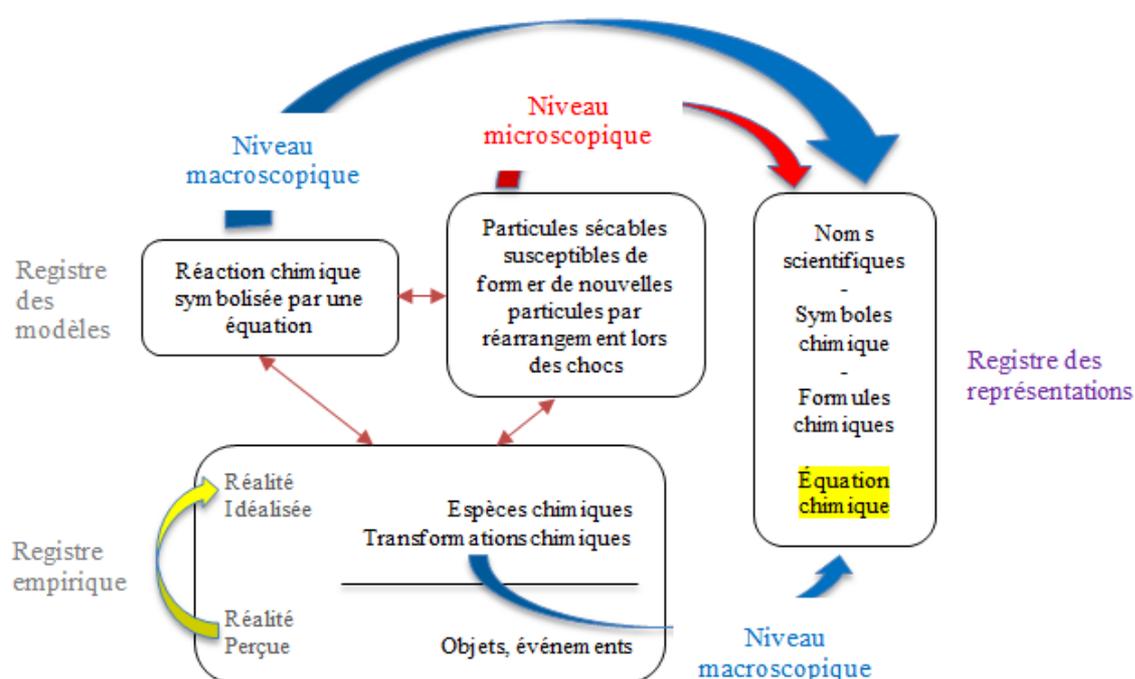


Figure n°3 : Registre empirique, registre des modèles et registre des représentations d'après Kermen, (2018, p. 57)

Le registre des représentations joue alors un rôle singulier en représentant aussi bien les concepts macroscopiques d'espèce chimique (corps pur) et de réaction chimique, que les concepts microscopiques d'atomes, de molécules ou d'ions. Cette double signification – macroscopique et microscopique – a été une richesse au cours du XIXe siècle pour les chimistes. Pour les atomistes, le corps composé est constitué de particules microscopiques. L'interprétation des équivalentistes, qui refusent la théorie atomique, est macroscopique : le corps composé est une combinaison des corps simples. Mais tous adoptent les mêmes représentations : l'alphabet latin proposé par Berzelius (1819). En permettant une interprétation dans ces deux niveaux, le langage symbolique du chimiste crée ainsi une

passerelle entre le macroscopique et le microscopique (Taber, 2013). Or nous constatons que les élèves ont une interprétation du langage symbolique de la chimie majoritairement microscopique (Canac & Kermen, 2016). Nous nous intéressons à l'enseignement des noms et des formules chimiques au moment de leur introduction en cycle 4, et aux concepts – espèce chimique, entités microscopiques, transformation chimique ou réaction chimique – ainsi qu'aux niveaux – macroscopiques ou microscopiques – qui leur sont alors associés.

La pluralité des végétaux

Les végétaux, comme tout autre groupe biologique, désignent des concepts scientifiques qui n'ont de sens qu'au regard des problèmes auxquels ils répondent. Si les individus existent réellement (registre empirique), les groupes résultent d'une activité classificatoire et donc d'une construction humaine (registre des modèles). Il n'existe pas une unique acception des végétaux puisqu'elle dépend du type de classification et du problème travaillé : utilitaire, écologique, cellulaire, phylogénétique (Bosdeveix, 2016).

Sur un plan fonctionnel, l'étude de la nutrition des êtres vivants et de leur place dans les écosystèmes permet d'envisager les végétaux comme des organismes photosynthétiques et des producteurs primaires à la base des réseaux trophiques. Sur un plan phylogénétique, les végétaux définis fonctionnellement par le partage de la photosynthèse ne forment plus un groupe valide, car ils ne partagent pas un ancêtre commun exclusif. Par conséquent, le terme « végétal » n'a plus d'usage dans un contexte phylogénétique, à moins de restreindre le groupe des végétaux à une seule lignée monophylétique de l'arbre du vivant (*e.g.* Archaeplastida ou lignée verte, plantes terrestres). Sur un plan cellulaire, les végétaux sont très souvent définis par rapport à un type particulier d'organisation et de fonctionnement cellulaire. Dans cette acception, les végétaux sont alors réduits aux seuls Eucaryotes photosynthétiques pourvus de plastes, d'une paroi et d'une vacuole, en érigeant alors un modèle prototypique de « la » cellule végétale. Mais ces différentes façons d'envisager les végétaux ne se superposent pas : chaque signifié possède son domaine de validité propre. Si certaines espèces sont végétales dans toutes les acceptions (plantes terrestres chlorophylliennes), d'autres ne sont végétales que dans certains cas. Les cyanobactéries, par exemple, sont végétales au sens écologique mais pas au sens cellulaire, n'étant pas eucaryotes.

En chimie comme en biologie, un enjeu est donc de permettre aux élèves de saisir la profondeur des termes utilisés en relation avec le contexte problématique, ainsi que leur

dimension construite et ainsi accéder à une polysémie réfléchie des signifiants. Cherchant à caractériser les pratiques enseignantes à ce sujet, présentons notre méthodologie d'analyse du déterminant institutionnel (programmes et manuels).

Méthodologie

Pour le langage symbolique de la chimie

Nous avons repéré dans les trois dernières générations de programme de collège (1998 - 2008 - 2015), ce qui est spécifié pour les noms et les formules chimiques. Nous avons recherché si ceux-ci sont introduits en lien avec des concepts du niveau microscopique ou des concepts du niveau macroscopique ou les deux, et avec quel niveau d'explicitation.

Nous avons ensuite étudié huit ouvrages scolaires de collège : quatre du cycle 4 des nouveaux programmes de 2015, deux de cinquième et deux de quatrième des deux générations de programme antérieures. Nous recherchons si la nomenclature est introduite en lien avec le concept d'espèce chimique. Pour cela nous regardons si la différence entre un nom scientifique et un nom du langage courant est faite. Cette étape concerne majoritairement les ouvrages de cinquième. Dans le cas des formules chimiques, nous avons choisi d'étudier dans chaque ouvrage plus spécifiquement les chapitres introduisant les formules et les équations chimiques. Nous recherchons le niveau de lecture, macroscopique ou microscopique, proposé par les ouvrages des formules chimiques ou des équations, et si celui-ci peut être considéré comme explicite.

Pour les végétaux

Nous avons analysé les deux dernières générations des programmes de collège (2008 – 2015) et ceux de lycée (2010), en utilisant une grille d'analyse résultant d'une étude didactique et épistémologique préalable. Chaque occurrence aux végétaux a été catégorisée selon le type de conception mobilisée (ou signifié). L'analyse des manuels des principaux éditeurs s'est focalisée sur les classes de sixième (cycle 3), de cycle 4 et de seconde, dans lesquelles la classification phylogénétique est étudiée. Nous avons examiné comment sont envisagés les végétaux dans un cadre phylogénétique par les manuels prenant l'exemple de ce groupe et si la différence avec les autres acceptions des végétaux est formulée ou bien reste implicite.

Bilan de la méthodologie

Le tableau n°1 récapitule la méthodologie de cette recherche comparatiste.

	Biologie	Chimie
Supports étudiés	<ul style="list-style-type: none"> • Deux derniers programmes de collège (2008, 2015) et programme de lycée (2010) • Manuels des cycles 3, 4 et de seconde (où la classification phylogénétique est envisagée avec l'exemple des végétaux) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trois derniers programmes de collège (2005, 2008, 2015) • Huit manuels scolaires de collège
Méthodes d'analyse	Utilisation d'une grille d'analyse épistémologique et didactique (Bosdeveix, 2016)	Pour chaque nom scientifique et formule : <ul style="list-style-type: none"> • Liens avec les concepts de molécule, d'espèce chimique et de réaction chimique • Identification du niveau associé : macroscopique ou microscopique

Tableau n°1 : Bilan de la méthodologie de recherche

Résultats

Pour le langage symbolique de la chimie

Les programmes

Dans les différents programmes de collège, les expressions suivantes sont absentes des programmes : langage symbolique, langage chimique, nom scientifique, nom chimique, nom usuel ou nom courant, corps simple, corps composé, formule de l'espèce chimique, etc.

À propos de la nomenclature, aucune consigne n'est indiquée. Aucun programme ne suggère de faire le lien entre espèces chimiques, ou corps pur, et nom scientifique, ou entre mélange et nom d'usage courant. Les notions de corps simple et de corps composé ne sont jamais évoquées or elles pourraient permettre de comprendre la construction des noms tels que dioxygène ou dioxyde de carbone, et réciproquement. Enfin, le fait que le nom de la molécule et le nom de l'espèce chimique sont identiques n'est jamais explicité.

Les symboles et les formules sont introduits pour représenter les atomes et les molécules, ce qui semble les réduire à une seule interprétation de niveau microscopique. Ce point n'est pourtant pas explicite. Le modèle atomique est introduit pour interpréter la réaction chimique et son équation, ce qui pourrait entraîner une lecture exclusivement microscopique des formules. Or la conservation de la masse fait aussi partie des

connaissances du programme. Dans ce cas, les formules apparaissant dans les équations devraient être associées aux espèces chimiques, et à un niveau macroscopique. Ce double aspect microscopique et macroscopique du langage symbolique n'est jamais évoqué explicitement dans les programmes de collège.

Les ouvrages scolaires

Dans les ouvrages scolaires les plus anciens, la différence entre nom scientifique et nom courant pour caractériser une espèce chimique est évoquée à l'aide de carte d'identité (Figure n°4). Ces dernières ne sont pas reprises dans les ouvrages récents. Nous avons retrouvé la différence entre nom usuel et nom scientifique évoquée une seule fois dans un ouvrage récent, et uniquement dans un exercice. Mais cette différence n'est pas utilisée pour réfléchir à l'association nom scientifique – espèce chimique.

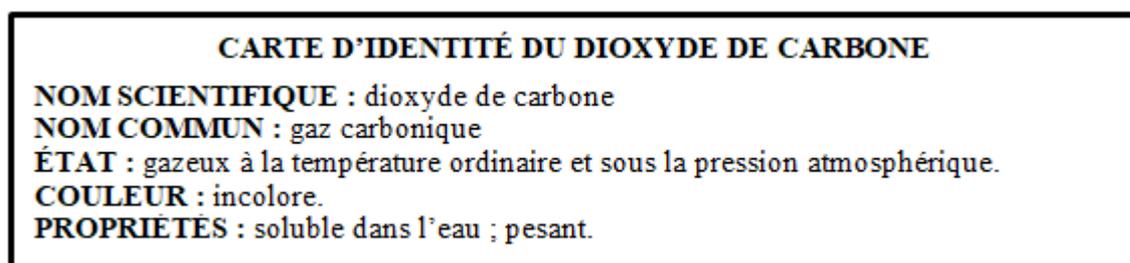


Figure n°4 : Exemple de carte d'identité (Collectif, 1999, p. 36)

Comme dans les programmes, aucun ouvrage n'indique explicitement que le nom de l'espèce chimique et celui de la molécule associée sont identiques, ni ne cherche à l'expliquer. De façon générale, peu de précautions langagières sont prises dans les livres qui restent souvent très imprécis dans l'utilisation des noms vis-à-vis des concepts mélange / espèce chimique et des niveaux macroscopique / microscopique. Dans une activité proposée aux élèves (Figure n°5), nous trouvons à la fois le langage courant (caramel) et le langage scientifique (saccharose), puis l'utilisation du niveau microscopique (molécule) pour illustrer un phénomène macroscopique (goût et couleur), sans qu'aucune précision ne soit apportée.

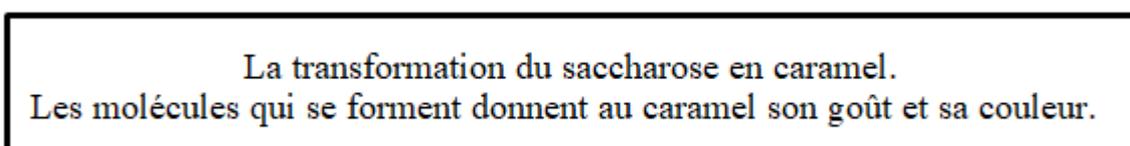


Figure n°5 : Imprécisions du langage (Donadei *et al.*, 2011, p. 78)

Toujours dans la même activité et avec la même imprécision, on trouve un peu plus loin la question suivante : « quel est le nom de la molécule qui constitue le sucre de table ? » (Donadei *et al.*, 2011, p. 78).

Dans tous les ouvrages, partie cours et activités, la formule est explicitement reliée à un niveau microscopique, en tant que représentation de la molécule. Pourtant très rapidement dans les activités et dans les exercices, on trouve des utilisations implicites des formules comme représentation de l'espèce chimique, et donc au niveau macroscopique. Dans la phrase suivante extraite d'un exercice : « le butane, de formule C_4H_{10} , est un gaz » (Donadei *et al.*, 2017, p. 76), le terme « gaz » semble indiquer que la « formule C_4H_{10} » est associée au « butane » en tant qu'espèce chimique. De même, les équations chimiques se lisent explicitement (Figure n°6), ou implicitement, à un niveau microscopique mais un glissement s'opère dans les exercices au moment de l'utilisation de la conservation de la masse. La formule est alors bien utilisée pour représenter l'espèce chimique dans les bilans. On trouve très souvent des notations comme dans l'exemple ci-après : $m(CO_2) = m(O_2) + m(C)$.

Les chimistes modélisent une transformation chimique par une réaction chimique. L'équation de cette réaction chimique se lit : 1 atome de carbone réagit avec 1 molécule de dioxygène pour former 1 molécule de dioxyde de carbone.

Figure n°6 : Lecture microscopique de l'équation (Donadei, 2017, p. 101)

Au bilan à la fois dans les programmes et les ouvrages scolaires, nous trouvons des noms scientifiques implicitement associés aux espèces chimiques (registre empirique – niveau macroscopique) et des formules chimiques associées :

- explicitement au concept de molécule (registre des modèles – niveau microscopique) ;
- implicitement au concept d'espèces chimiques (registre empirique – niveau macroscopique).

Pour le groupe des végétaux

Les programmes

Dans les programmes, les différents signifiés des végétaux sont envisagés (cf. tableau n°2) : conception par opposition (le vivant réduit à un couple végétaux / animaux),

conception fonctionnelle (basée sur la photosynthèse et le rôle écologique de producteur primaire), conception fonctionnelle et cellulaire (Eucaryotes photosynthétiques avec plastes), conception macrocentrée (réduisant les végétaux aux plantes terrestres ou aux plantes à fleurs). La classification phylogénétique est au programme de collège, mais sans exemple imposé. Les végétaux peuvent être l'objet de l'étude au choix des enseignants. Au lycée, ce sont les Vertébrés qui sont étudiés en seconde et les Hominidés en terminale S. Cependant, les programmes n'explicitent pas l'absence de superposition des différentes conceptions des végétaux, ne mettant alors pas en garde les enseignants sur le caractère polysémique.

Type de signifié	Exemples d'extraits du programme
Signification par opposition (couple végétaux / animaux)	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier ce qui est animal, végétal, minéral ou élaboré par des êtres vivants. Développement d'animaux et de végétaux. Observer, comme en maternelle, des manifestations de la vie sur soi, sur les animaux et sur les végétaux. Observer des animaux et des végétaux de l'environnement proche, puis plus lointain (cycle 2)
Signification fonctionnelle (basée sur le mode de nutrition photosynthétique et le rôle de producteur dans les écosystèmes)	<ul style="list-style-type: none"> • La lumière solaire permet, dans les parties chlorophylliennes des végétaux, la synthèse de matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone. Ce processus permet, à l'échelle de la planète, l'entrée de matière minérale et d'énergie dans la biosphère (2^{nde})
Signification fonctionnelle et cellulaire (Eucaryotes photosynthétiques avec plastes)	<ul style="list-style-type: none"> • Énergie et cellule vivante (on se limite aux cellules eucaryotes). La cellule chlorophyllienne des végétaux verts effectue la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse. Le chloroplaste est l'organite clé de cette fonction (TS spécialité SVT)
Signification macrocentrée (plantes terrestres ou plantes à fleurs selon les cas)	<ul style="list-style-type: none"> • Gamètes et patrimoine génétique chez les Vertébrés et les plantes à fleurs (cycle 4)
Signification phylogénétique	<ul style="list-style-type: none"> • Approche phylogénétique (« étude de la parenté ») en cycle 3 et 4 [mais sans exemple indiqué] et en 2^{nde} : parenté d'organisation (mais exemple des Vertébrés) ; cellule et parenté (« Cette unité structurale et fonctionnelle commune à tous les êtres vivants est un indice de leur parenté »)

Tableau n°2 : Les différentes significations des végétaux dans les programmes scolaires

Les ouvrages scolaires

Dans les manuels étudiés, plusieurs d'entre eux ont pris pour exemple les végétaux en cycles 3 et 4. En seconde, dans le cadre du chapitre sur la nature du vivant, la parenté est

travaillée à différentes échelles. Certains manuels positionnent alors les végétaux dans un arbre phylogénétique en relation avec des caractères cellulaires (présence de chloroplastes). Deux stratégies relatives à la classification phylogénétique se dégagent. La première est la plus commune en collège : elle limite les espèces à classer à un groupe monophylétique : les végétaux terrestres ou la lignée verte. Le contrôle de la collection permet de ne pas soulever le problème du polyphylétisme des végétaux au sens fonctionnel. Cette stratégie s'inspire de la collection proposée dans l'ouvrage dirigé par Lecointre (2008, p. 316), dont on peut formuler l'hypothèse qu'il puisse être perçu par certains enseignants comme une prescription secondaire. La seconde stratégie est présente dans plusieurs manuels de seconde. Elle présente les végétaux comme les eucaryotes photosynthétiques possédant des plastes (conception fonctionnelle et cellulaire). Envisagée dans le cadre de la parenté, ce groupe est étonnamment présenté comme monophylétique. Le problème de l'origine convergente des plastes n'étant pas envisagé, la réduction des végétaux à la seule lignée verte (chloroplastes à deux membranes) est laissée dans l'ombre. Dans les deux stratégies, la polysémie du terme végétal est implicite.

Conclusion

Qu'il s'agisse de l'exemple du langage symbolique en chimie ou de l'exemple de la classification des végétaux, le caractère polysémique des signifiants est soit passé sous silence soit reste implicite, dans les programmes comme dans les ouvrages scolaires. La polysémie non explicitée devient une ambiguïté et conforte l'idée qu'il existerait une définition unique pour un nom scientifique. Expliciter le contexte, préciser le sens des mots (molécule de CO₂ ou le gaz CO₂ ; les végétaux au sens de...) permettrait pourtant de tirer profit de ce qui en fait une richesse dans les deux disciplines. Cette ambiguïté a également été observée dans le cadre des pratiques de deux enseignant.e.s au cours de séances ordinaires en chimie (Canac, 2017) et dans les raisonnements de futurs enseignants au cours de leur formation professionnelle en biologie (Bosdeveix, 2017). Cette recherche en didactique de la biologie et de la chimie révèle l'importance d'une prise de recul épistémologique face à cette polysémie. Elle nous conforte dans l'idée qu'il s'agit d'un véritable enjeu pour l'enseignement et la formation des enseignant.e.s pour la chimie et la biologie, dont la pertinence est vraisemblablement valable pour d'autres termes polysémiques (*e.g.* respiration, gène, énergie).

Bibliographie

- Bosdeveix, R. (2016). *Entre classifications fonctionnelle et phylogénétique : le groupe des végétaux. Une reconstruction didactique basée sur l'histoire des sciences dans le cadre de la formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre*. Thèse de doctorat. Université Sorbonne Paris-Cité ; Université Paris Diderot.
- Bosdeveix, R. (2017). Les raisonnements classificatoires de futurs enseignants de SVT sur le groupe des végétaux. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 16, 57–92.
- Buty, C., & Plantin, C. (dir). (2008). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : INRP.
- Canac, S. (2017) *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles : une problématique de l'enseignement-apprentissage de la chimie*. Thèse de doctorat. Université Sorbonne Paris-Cité ; Université Paris-Diderot
- Canac, S., & Kermen, I. (2016). Exploring the mastery of French students in using basic notions of the language of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 452-473.
- Canguilhem, G. (1994). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- Crombie, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition: The history of argument and explanation especially in the mathematical and biomedical sciences and arts*. London: Duckworth.
- Collectif. (1999). *Physique - Chimie 5e*. Paris : Belin.
- Donadei, E., Foltrauer, F., Gruneisen, S., Hochereau, E., & Robert, S. (2011). *Physique Chimie 4e*. In *Parisi*. Paris : Belin.
- Donadei, É. (2017). *Physique chimie cycle 4 : Livre de l'élève (édition 2017)*. Paris : Belin.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école : Un exemple en sciences*. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Lecointre, G. (dir). (2008). *Comprendre et enseigner la classification du vivant (seconde ed.)*. Paris : Belin.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie & didactique des SVT. Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Rogalski, J. (2008). Théorie de l'activité et cadres développementaux pour l'analyse liée des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. Dans F. Vandebrouck (dir.), *Activités des élèves et pratiques des enseignants en classe de mathématique* (p. 23-30). Toulouse : Octarès.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Vygotski, L. S. (1934/1997). *Pensée et langage*. Paris : La dispute.

Évolution des postures des élèves et construction d'une communauté discursive disciplinaire scolaire en sciences

Étude longitudinale à l'entrée de l'école élémentaire

Guillou-Kerédan Hélène⁽¹⁾, Lhoste Yann⁽²⁾, Jaubert Martine⁽¹⁾

(1) Université de Bordeaux, Lab-E3D – France

(2) Université des Antilles ; Université de Bordeaux – France

Introduction

Cette publication s'intéresse à la construction des postures des élèves en classe de sciences et à leur évolution de la grande section (GS) de l'école maternelle (5 ans) jusqu'au cours élémentaire première année (CE1) de l'école élémentaire (7 ans) via le cours préparatoire (CP, 6 ans), dans le cadre de pratiques enseignantes ordinaires. Elle s'inscrit dans une recherche comparatiste plus large, à l'articulation des champs sociolinguistique et socio-didactique, qui prend pour objet les postures des élèves en français et en sciences. Celles-ci sont étudiées via les opérations langagières et gestuelles identifiées, d'une part, au cours d'entretiens individuels d'élèves et d'enseignants et, d'autre part, dans les interactions entre élèves et avec leurs enseignants dans les séances de classe. La caractérisation des postures, dont on sait qu'elles peuvent être très différenciatrices pour les apprentissages (Bautier, 1995 ; Rebière, 2001), et la compréhension de leur genèse dès le début des premiers apprentissages scolaires pourraient permettre une action plus ciblée des enseignements pour une meilleure réussite de tous les élèves à l'école élémentaire. Ainsi, nous cherchons à déterminer ce qui, au

début de l'école élémentaire, pourrait avoir une influence sur la construction d'une posture propice à la construction de savoirs (Rebière, 2001). Dans le cadre de cette publication, nous nous limitons à mettre en évidence la construction d'une communauté discursive scientifique scolaire (CDSS). Nous postulons qu'elle joue un rôle important dans la construction des postures pertinentes au regard des savoirs et des pratiques en jeu. Cette contribution correspond à une première étude limitée à l'analyse des données déclaratives et nous cherchons à caractériser les CDSS construites à travers ce qu'en disent les élèves et ce qu'en disent leurs enseignants lors d'entretiens individuels réalisés hors séances de classe.

Posture et communauté discursive scientifique scolaire

La notion de posture

Nous mobilisons le concept de « posture », défini par Bucheton (1998) comme un « schème d'actions cognitives et langagières disponibles, préformées, que le sujet convoque en réponse à une situation rencontrée [...] ». Mais nous nous appuyons plus particulièrement sur la réactualisation de ce concept dans une perspective vygotkienne (Vygotski, 1934/1997) telle que l'a proposée Rebière (2000, 2001). Elle montre en effet en quoi les positionnements contextuels « spontanés », « premiers » des élèves, décrits en termes de « postures », peuvent être modifiés par un enseignement qui aide l'élève à construire une position énonciative pertinente à l'activité spécifique et aux savoirs visés, que nous considérons, dans notre cadre, comme constitutif de l'activité de conceptualisation. Aussi, nous observons les différentes positions énonciatives adoptées par les élèves de notre étude dans les enseignements proposés (car les élèves ne peuvent l'acquérir seuls), dans les discours et les interactions (spontanées ou provoquées) entre élèves, et nous accorderons une attention particulière aux déplacements qui seraient à l'origine de l'élaboration de ce positionnement spécifique constitutif de la construction du savoir scientifique.

La notion de « communauté discursive disciplinaire scolaire »

Chaque discipline a recours à des usages du langage qui lui sont spécifiques et dont dépend en partie la construction de ses savoirs, en développant des modes d'agir-penser-parler spécifiques (Bernié, 2002). Notre recherche s'intéresse à la façon dont les élèves s'inscrivent dans cet espace social discursif d'intercompréhension spécifique aux sciences par la construction d'une position énonciative nouvelle pour eux, résultat de la réorganisation de

leur activité et de leurs modes d’agir-penser-parler dans ce nouveau contexte disciplinaire. Cette nouvelle position énonciative indiquerait un changement de posture qui pourrait être généré par l’enseignant :

« L’élève, pour apprendre, doit [donc] adopter des positions discursives spécifiques à la discipline concernée et la fonction de l’enseignant est de mettre en œuvre les conditions de ce positionnement de l’élève [...] » (Reuter Y., Cohen-Azria, Daunay, Delcambre, & Lahanier-Reuter, 2007, p. 31)

L’intérêt du travail entrepris réside dans l’analyse, d’une part, des positionnements énonciatifs observés chez les élèves dans la discipline sciences et, d’autre part, dans la mise en évidence de ce qui, dans l’enseignement prodigué en sciences, pourrait aider les élèves à modifier et à adapter leur positionnement énonciatif, et donc leur posture, ou au contraire à les empêcher.

Recueil du corpus et méthode de recherche

Construction du corpus de données

Située dans un cadre vygotkien, qui considère que l’apprentissage précède le développement, notre recherche repose sur le suivi d’une cohorte d’élèves sur un temps suffisamment long, trois ans, entre la fin de l’école maternelle (où les disciplines ne sont pas clairement identifiées et s’insèrent dans des larges domaines d’apprentissages) et les deux premières années de l’école élémentaire (où commence une disciplinarisation de l’enseignement), pour pouvoir mettre en évidence les éventuelles transformations et le processus de construction et d’évolution des postures associées à l’apprentissage et à la construction des savoirs et pratiques en sciences. Nous avons choisi de rendre compte d’observations de pratiques ordinaires et nous observons les élèves sans influencer ni les enseignements, ni le contexte scolaire.

Nous avons filmé, en classe, une cohorte de onze élèves¹ et leurs trois enseignants sur une durée totale de 10 heures en GS, 112 heures en CP et 120h en CE1 et nous avons effectué la transcription précise des interactions langagières ainsi que la description minutieuse de l’activité des élèves et de la co-activité du maître et des élèves. Nous avons par ailleurs

¹ Sélection contrainte par les choix de l’école pour la répartition des élèves dans les classes

effectué des entretiens semi-directifs avec chacun de ces onze élèves sur ce que c'est que faire des sciences, en début et en fin de chaque année scolaire pour comprendre leurs représentations des pratiques scientifiques scolaires. Nous avons aussi réalisé des entretiens avec chacun de leurs trois enseignants aux mêmes périodes, concernant leurs propres représentations des pratiques scientifiques à l'école à leur niveau d'enseignement ainsi que leur avis concernant leur perception des postures des onze élèves.

Afin de commencer à évaluer le lien entre la construction de la CDSS et celle des postures, nous avons réalisé une analyse de contenu à partir des transcriptions des entretiens individuels des élèves, ainsi que des entretiens avec les enseignants. Le tableau 1 précise les durées respectives de chaque entretien.

Temps d'entretien	Fin GS	Début CP	Fin CP	Début CE1	Fin CE1
M1 ^a (GS)	6mn 54s ^b				
M2 (CP)		27mn 47s	1h 35mn		
M3 (CE1)				37mn 57s	1h 05 mn
Pour chacun des 11 élèves	1mn10s à 3mn 02	2mn 02 à 3mn 03	3mn 02 à 7mn 13	1mn 54 à 4mn 16	3mn à 6mn 54

Tableau n°1 : Durées des entretiens (enseignants et élèves)²

Méthode de recherche

À partir de l'analyse des transcriptions des entretiens individuels, nous avons construit des catégories référant à des manières d'agir, de parler et de penser relevant d'usages du langage spécifiques à l'activité scientifique et, pour nous, significatives de la spécification ou non d'une CDSS. Nous avons choisi de limiter notre observation à l'évolution de la perception de la discipline sciences chez les élèves à partir de la fin du CP, lorsque les disciplines apparaissent dans le discours des enseignants et sont donc potentiellement identifiables par les élèves.

² Les trois enseignants seront nommés M1, M2 et M3. ^a Le recueil des données lors de la première année (GS) n'a pu commencer qu'en mars, ce qui explique que nous n'avons pas pu mener d'entretien avec l'enseignante M1 en début d'année scolaire. ^b Cet entretien de fin de GS n'inclut pas ce que M1 pense des postures des élèves.

Dans les propos des élèves, nous avons pu identifier trois catégories relatives à des contenus de savoirs scientifiques à partir des travaux de Grize (1990) sur la schématisation, croisés avec les contenus de savoirs. Ainsi, nous proposons une première catégorie (1) relative à la désignation et à l'utilisation d'un vocabulaire spécifique relevant de l'activité scientifique, qui montre que les élèves s'inscrivent dans le « parler » scientifique de la classe. Puis, nous mettons à jour une deuxième catégorie (2) relative à la liste des ingrédients (au sens de Grize) constitutifs de l'activité scientifique et d'exemples de contenus de savoirs cohérents (ou non), de pratiques scientifiques réalisées en classe (manières d'« agir »), montrant que les élèves sont capables d'une réflexion appropriée (manière de « penser »). Il nous semble que cette catégorie signale, à l'instar des reformulations, une compréhension du cadre des situations proposées. Dans une dernière catégorie (3), nous avons regroupé des éléments évocateurs de la non-reconnaissance de l'activité scientifique dans les situations de classe, qui semble indiquer que les élèves ne différencient pas ce qui relève des apprentissages scientifiques par rapport à d'autres. Nous considérons alors que la communauté discursive scolaire n'est pas encore disciplinarisée.

Dans les propos des enseignants, nous avons relevé des éléments caractéristiques de types de tâches relevant de l'activité scientifique scolaire, qui montrent qu'ils identifient les « manières d'agir » qui doivent aider les élèves à s'approprier des savoirs scientifiques. Nous avons aussi relevé des propos qui font mention de la mobilisation des élèves sur les activités scientifiques car nous pensons que les enseignants peuvent associer l'implication des élèves aux types d'activités qu'on leur propose et pour lesquelles ils identifieraient des « manières d'agir » spécifiques. En dernier lieu, nous avons tenté d'identifier des formulations d'éléments relatifs à la construction des savoirs, indispensables dans les apprentissages scientifiques et qui impliquent une manière de « parler-penser » spécifique.

Premiers résultats issus des entretiens individuels et discussion

Comment les élèves appréhendent-ils l'activité scientifique scolaire ?

Le tableau ci-dessous rassemble les éléments de synthèse des données recueillies dans les entretiens des onze élèves (identifiés dans le tableau par la lettre E majuscule, associée aux 11 premières lettres de l'alphabet) pour les activités scientifiques entre la fin CP(X), le début CE1(Y), et la fin du CE1(Z) par rapport aux catégories présentées ci-dessus. Il convient de

préciser que les trois colonnes centrales (en gras) correspondent à la deuxième catégorie évoquée, c'est-à-dire l'utilisation d'exemples ou la référence à des actions/tâches typiques de la discipline.

	Utilisation d'un vocabulaire spécifique aux sciences	Utilisation d'exemples de contenus de savoirs adaptés	Utilisation d'exemples de contenus de savoirs inadaptés^a	Référence à des pratiques/ à des tâches	Ne sait pas/ N'en fait pas/ Ne se rappelle pas
Ea	X	X	YZ	XYZ	X
Eb	XYZ	(X)YZ		XYZ	X
Ec		XZ	XY	XYZ	(X)
Ed	Z	XZ	XY	XZ	XY
Ee		XZ	X	YZ	X
Ef ^b					X
Eg	XYZ	XZ		YZ	
Eh	X	XZ		Z	XY
Ei	Z	Z	XYZ	XYZ	
Ej ^c		XY		XY	
Ek	YZ	YZ	X	YZ	X
Fin CP (X) Début	4	7	5	6	7
CE1(Y) Fin	3	3	4	8	3
CE1(Z)	5	8	2	9	0

Tableau n°2 : Répartition des propos des élèves dans les trois catégories relatives aux contenus de savoirs identifiés³

Quelles représentations des sciences en fin de CP ?

Une représentation confuse

^{3 a} Cette catégorie rassemble des exemples d'activités et ou de pratiques citées par les élèves lorsqu'ils sont questionnés sur les sciences mais qui ne relèvent pas domaine des sciences.

^b Ef a le plus souvent refusé de participer aux entretiens, ce qui explique le peu de lettres sur la ligne.

^c Ej était absent lors du dernier entretien, ce qui explique qu'il n'a pas de lettre Z dans le tableau.

Neuf des onze élèves ne peuvent pas expliquer spontanément ce que signifie faire des sciences. En effet, sept d'entre eux disent ne pas savoir de quoi il s'agit lorsque on les interroge ; Ei dit qu'il sait mais il y associe des activités qui relèvent plus de la technologie (« faire des légos », « faire des trucs avec des piles ») et pense d'ailleurs que « ça sert un peu à rien » ; Ec dit qu'il sait en citant l'élevage de phasmes, activité dont nous pensons qu'il se rappelle (car réalisée en classe dans le cadre d'un travail sur l'étude du vivant), puis finalement se reprend en disant qu'il ne sait pas. Notons que cinq élèves peuvent à la fois faire référence à quelques activités ou pratiques réalisées en classe, mais qui ne relèvent pas des sciences telles que « tracer des traits en règle » (Ed) ou « apprendre des trucs sur des pays » (Ee) et à des contenus de savoirs en sciences. C'est particulièrement le cas lorsque la chercheuse les oriente sur le contenu de leur cahier de découverte du monde qui ne différencie pas ce qui relève des sciences de ce qui relève du domaine de l'histoire ou de la géographie,

Une représentation non scolaire

Ea et Eb affirment n'avoir jamais fait de sciences à l'école en expliquant que les expérimentations qu'ils imaginent inhérentes à l'activité scientifique ne peuvent pas se faire à l'école : « prendre un produit chimique et le renverser dans un truc après ça fait une grosse explosion » (Ea) et « par exemple on met du ketchup dans une bouteille avec du bicarbonate après on referme et après on secoue et pim » (Eb). Ej a, lui aussi, l'idée que les sciences permettent d'explorer l'inconnu (« faire des choses que personne n'a jamais essayées », « inventer des choses »).

Une représentation de la discipline en cours d'ébauche

Quatre élèves ont recours à un lexique spécifique aux sciences en évoquant soit du vocabulaire spécifique tel que le « cycle de vie », « l'abdomen », et les « ventouses » au sujet des phasmes (Eg), soit une pratique spécifique telle que l'« observation » (Eh). Même si en fin de CP, la plupart des élèves est capable d'intégrer des éléments d'ordre disciplinaire et que six d'entre eux envisagent surtout les sciences à travers les pratiques spécifiques vécues en classe : « faire des pyramides » en référence à la pyramide alimentaire (Ea), « faire un élevage de phasmes » ou « s'occuper d'un oiseau tombé du nid » (Ec), « faire un volcan ou casser des cocons » (Eb), « nourrir des vers à soie » (Ed), « faire pousser des graines » (Ej), « faire des constructions en légo » ou « faire des trucs avec des piles » (Ei), il s'avère que, pour la majorité des élèves, la discipline sciences ne signifie pas grand-chose. Nous pouvons l'expliquer en soulignant qu'au CP nous n'avons pas mis en évidence, dans les transcriptions des séances, de mention de cette discipline.

Quelles représentations au début du CE1 ?

Les sciences, une discipline où l'on agit... de manière spécifique

La discipline sciences évoque spontanément des activités réalisées l'année précédente pour au moins huit des onze élèves. Ils exemplifient l'activité scientifique par des tâches spécifiques : « faire pousser des graines » (Ej), « faire des produits chimiques » (Ei), « regarder des animaux à la loupe » ou « goûter des plantes ou observer des oiseaux » (Ek), « faire des dessins de choses » (Ec), « faire des choses sur les abeilles, la nature, les animaux » (Eg), « parler de la nature » (Ee), « faire de l'eau ou fabriquer du pain » (Ea). Parmi eux, trois utilisent un lexique spécifique à la discipline tel que les « métamorphoses » (Eg), les « expériences » (Eb) ou l'« observation avec la loupe » (Ek). Seuls Eh et Ed disent n'avoir aucune idée de ce que sont les sciences mais si Ea affirme qu'il sait, ses exemples sont inappropriés (géométrie et peinture), et si Ec évoque l'activité de dessin, il ne réussit pas à expliciter de quel type de dessin il s'agit. Ainsi, n'avons pas d'indices pour discriminer si l'élève fait référence au dessin d'observation, classique de l'activité scientifique en classe, ou au dessin d'illustration. Notons enfin que Ej définit toujours ce qu'est « faire des sciences » par un seul exemple et que pour Ei, les expériences qu'il considère comme prototypiques des sciences ne se font toujours pas à l'école.

Une représentation des sciences comme activité « extraordinaire »

Quatre élèves soulignent la possibilité de faire des choses que l'on peut qualifier d'extraordinaires dans ce domaine, telles que « faire des choses qu'on n'a jamais fait » (Ej), « faire de l'eau avec quelque chose d'autre », « fabriquer du pain » (Ea), « voir comment on fait par exemple l'électricité », « faire des expériences » (Eb), « on fait des produits chimiques plein de choses dangereuses » (Ei).

Quelles représentations en fin de CE1 ?

On constate que le discours des élèves s'est épaissi et que la plupart a des choses à dire ou des exemples à donner. La spécificité de l'activité scientifique semble repérée pour la totalité des élèves ayant participé à cet entretien. Des éléments de lexique spécifique apparaissent de manière inégale (chez cinq élèves sur onze). Désormais tous les élèves ont une représentation pertinente des pratiques scientifiques scolaires. Seuls Ea et Ei donnent encore des exemples qui n'en sont pas, juxtaposés à des pratiques qui en relèvent. Ainsi Ea et Ei, mentionnent des activités d'histoire ou de géographie à la suite d'un exemple clairement identifié comme étant dans la discipline.

Comment les enseignants envisagent-ils les pratiques scientifiques scolaires ?

La pratique scientifique : des manipulations, de l'action, du concret

Les enseignantes M1 (GS) et M2⁴ (CP) voient dans la réalisation des sciences à l'école, la possibilité de varier les tâches par rapport à leurs habitudes d'enseignement en insistant sur la découverte, l'action, la manipulation, et la possibilité de proposer des essais, des expériences, comme nous pouvons le voir dans les extraits d'entretiens suivants :

M1 : « faire des sciences euh explorer manipuler/c'est sûr qu'à la maternelle ça doit passer beaucoup par l'observation la manipulation » ; « je pense que c'est bien de faire plein d'expériences [...] et donc du coup les laisser manipuler beaucoup [...] laisser les enfants tester des choses des fois auxquelles on n'a pas pensé soi-même »

M2/1 : « c'est une découverte des points qui sont dans le programme [...] faire quelque chose de très concret où ils apprendront en agissant le plus possible » ; « je trouve que c'est un domaine où on peut particulièrement tester agir [...] ils en passent par une découverte concrète » ; « ils sont dans la réalisation ils sont dans on explore on découvre »

Une activité nécessairement réflexive

M1 et M2 considèrent que les sciences doivent amener les élèves à réfléchir sur les actions, les manipulations et les expériences pour comprendre le monde :

M1 : « je pense que c'est bien de faire plein d'expériences de les faire réfléchir dessus » ; « se poser des questions »

M2/1 : « je trouve que c'est un domaine où on peut particulièrement tester agir faire pour comprendre » ; « ils sont dans on explore on découvre on comprend »

Une activité qui dépend de l'implication des élèves

M2 et M3 évoquent le rôle de la motivation des élèves dans les apprentissages d'ordre scientifique (cet aspect n'est pas évoqué par M1). Mais alors que des interventions de M3 laissent entrevoir que, pour lui, l'élève doit spontanément être disposé à recevoir des

⁴ Les interventions notées M2/1 correspondent aux entretiens de l'enseignante de CP en début d'année scolaire, celles notées M2/2 correspondent aux entretiens de l'enseignante de CP en fin d'année scolaire.

apprentissages indépendamment du contexte d'enseignement, M2 semble engager sa propre responsabilité dans l'émergence et le maintien de cette motivation chez ses élèves :

M2/1 : « dynamiser les sciences par le biais de projets et faire quelque chose de très concret » ; « du coup c'est un bon support pour les sciences c'est motivant et ça a du sens »

M3/1 : « on va essayer de leur faire étudier des phasmes parce que j'ai bien compris qu'ils adoraient les petites bestioles »

M3/2 : « on n'a pas fini là le cycle des haricots mais ils vont même pas voir les fleurs qui sont en train de sortir miraculeusement » ; « non ils ne vont pas les voir ils ne sont pas allés les voir » ; « ils s'en fichent un peu en fait je pense »

Toutefois, M3 pense avoir une petite part de responsabilité qu'il attribue plus à son manque d'engagement dans l'enseignement des sciences qu'aux situations qu'il met en œuvre :

M3/2 : « ils sont tout mignons tout ça ils s'intéressent aux choses très rapidement mais ça va pas plus loin » ; « ça dure cinq minutes/c'est ma faute probablement hein » ; « je sais pas j'ai peut-être plus la niaque » ; « ils étaient contents au début mais ça a pas duré longtemps »

Une démarche avant tout

Comme nous le disions précédemment, l'aspect découverte/sensibilisation au domaine des sciences est visiblement prioritaire pour M1 et M2. Nous constatons aussi que, quand ils sont évoqués par les enseignants en début d'année, les savoirs scientifiques sont désignés d'une façon quotidienne, au sens de Vygotski (M3/1 : « on va essayer de leur faire étudier des phasmes », « on compte les pattes les naissances », « on classe on observe on regarde ce qu'ils mangent ») sans que les concepts ou les problèmes scientifiques travaillés soient définis. L'entretien de fin d'année laisse plus de place à ce qui a été fait en termes de contenus de savoirs. Comme le dit M2, c'est davantage une « sensibilisation » au domaine des sciences, qui semble être devenu l'objectif principal. M2 et M3 centrent alors leurs propos sur un ensemble de thèmes qui ont été abordés en les présentant sous forme de liste :

M2/2 : « on a travaillé sur l'alimentation/on a travaillé sur le règne animal/milieu de vie/alimentation/chaîne alimentaire/déplacements c'est pas forcément dans l'ordre hein/on a travaillé sur le règne végétal là à peu près tout c'est-à-dire de la graine jusqu'à la fin du cycle de vie d'une plante donc ça c'est un gros morceau/après séquence sur donc les vers à soie/et on a travaillé aussi sur dans le corps humain donc y avait l'alimentation mais y avait aussi prendre soin de son corps l'hygiène la santé pas que le bien manger y avait aussi voilà les dents qu'est-

ce que j'oublie encore que les sciences/je pense que c'est ça corps humain végétal et animal » ; « on n'a pas fait la matière voilà »

M3/2 : « on a travaillé sur l'eau » ; « le cycle de l'eau/les trois états de l'eau on a travaillé sur les graines on a travaillé sur les phasmes/et on a travaillé sur les loups »

Si des contenus de savoirs apparaissent dans ces énumérations, après la mise en œuvre des enseignements, ils sont désignés comme des thèmes d'étude plus que comme des concepts ou des problèmes relevant des disciplines scientifiques. Nous constatons une certaine dissonance dans l'énumération de M2 entre des formulations scientifiques (alimentation, règne animal, milieu de vie, chaîne alimentaires, déplacement...) et la désignation quotidienne de certains objets (la graine, les vers à soie, les dents). De plus, la formulation récurrente « on a travaillé sur » utilisée par M2 et M3, nous semble signaler une focalisation de ces deux enseignants sur l'agir des élèves plus que sur la conceptualisation ou la construction de savoirs. Cette centration sur l'agir pourrait expliquer que ces enseignants développent davantage (au moins en début d'année pour M2 et M3) un discours sur la méthode de travail et sur la démarche propre aux pratiques scientifiques à l'école. Nous pensons que cette distinction entre contenus et démarches (assez classique dans le discours professionnel) et peu pertinentes du point de vue de notre cadre théorique⁵, pourrait expliquer l'absence de référence à des contenus de savoirs scientifiques (d'autant plus que les élèves sont jeunes). Notons que les trois enseignants semblent s'accorder sur l'importance de la démarche scientifique qu'ils définissent de façons différentes. Toutefois, on constate que M1 donne des détails assez précis sur ce qu'elle privilégie en évoquant l'observation, le questionnement, la formulation d'hypothèses, la phase expérimentale, et la validation des hypothèses au sein d'une démarche relativement ouverte :

M1 : « surtout pas avoir planifié trop à l'avance comment on veut s'y prendre mais laisser les enfants tester des choses des fois auxquelles on n'a pas pensé soi-même [...] proposer des choses qui peuvent paraître insensées mais qui sont dans la démarche scientifique au départ quoi » ; (la démarche scientifique en maternelle, c'est) « se poser des questions et essayer de faire des expériences pour répondre aux questions mais ça se prête pas à tout mais/et

⁵ « Peut-on imaginer du savoir sans savoir-faire, du savoir-faire sans savoir ? On peut considérer que tout savoir [...] est toujours résultat du faire et du savoir-faire réalisé dans d'innombrables situations. Et inversement : tout faire et savoir faire contient inévitablement du savoir. L'un n'existe pas sans l'autre » (Schneuwly, 2014, p. 14).

l'observation en parallèle aussi [...] on va plutôt être dans l'observation qui va valider des hypothèses mais c'est pas vraiment de l'expérience quoi »

M2 et M3 sont beaucoup moins précis au niveau de l'explicitation de la démarche même s'ils en mentionnent quelques caractéristiques essentielles telles que la découverte, l'exploration, l'expérience, et le questionnement (M3 seulement) en début d'année, lors de la description de ce qu'ils envisagent de faire :

M2/1 : « je trouve que c'est un domaine où on peut particulièrement tester agir faire pour comprendre et que du coup [...] qu'ils en passent par une découverte concrète » ; « ils sont dans la réalisation/ils sont dans on explore on découvre on comprend on essaye »

M3/1 : « on va essayer de leur faire étudier des phasmes [...] quand tu fais un élevage de phasmes t'attends que: ils découvrent/on compte les pattes les naissances[...]on classe on observe on regarde ce qu'ils mangent/on regarde s'il y a des déchets/on fait des hypothèses/on regarde tiens qu'est-ce qu'il y a au fond du bocal/si on trouve des petites choses/est-ce que c'est des détritux est-ce que c'est autre chose/ça peut être des œufs si c'est des œufs qu'est-ce que ça peut donner/est-ce que ça va créer d'autres petits phasmes »

Même si M3 évoque cette démarche en début d'année, il ne semble pas la prendre en compte dans les objectifs d'apprentissage qu'il se fixe, car il considère que les prescriptions institutionnelles ne sont pas réalisables en classe :

M3/1 : « au niveau des sciences que va-t-on faire qu'est-ce qu'il faudrait faire normalement il faudrait euh les laisser découvrir tester changer faire des hypothèses recommencer donc ça c'est de la science-fiction donc on va pas faire ça »

M1 et M2 pensent que cette démarche serait envisageable même dans les petites classes et s'interrogent pour agir dans ce sens en début d'année. M3, quant à lui, avec des élèves pourtant un peu plus âgés, semble considérer que ce n'est pas possible dans « le temps » et « l'espace » dont il dispose dans le cadre scolaire. Et lorsqu'il qualifie l'activité scientifique scolaire de « science-fiction », il laisse entendre qu'il semblerait plus préoccupé par des questions de faisabilité des enseignements en classe que par la question des acquisitions des élèves. Ainsi, il manifeste, dès le début de l'année de CE1, une insatisfaction à ce sujet qui sera largement réitérée lors de l'entretien de fin d'année.

Une pratique emblématique de la discipline : le dessin d'observation

Nous remarquons également, dans les discours des trois enseignants, une place importante accordée au dessin d'observation qui apparaît comme une activité scientifique

« emblématique » entre la GS et le CE1. Il est évoqué principalement dans les entretiens de M1 et dans la pratique de M2 et M3. Mais seule M1 explicite cet intérêt pour le dessin d'observation et apporte des arguments pour le justifier :

M1 : « c'est sûr qu'à la maternelle ça doit passer beaucoup par l'observation la manipulation » ; « et moi je pense qu'il faut beaucoup passer par le dessin aussi en sciences » ; « ça les oblige à observer davantage déjà » ; « ça leur permet d'observer mieux donc je pense que c'est important de passer par le dessin [...] et ça leur permet de mémoriser mieux aussi »

Il nous semble cependant que M1 reste sur une approche relativement peu disciplinarisée du dessin d'observation en sciences qui, comme le précise Calmettes, implique d'opérer des choix

« de façon consciente ou inconsciente sur le phénomène ou l'objet en fonction des connaissances initiales et des questions que l'on peut se poser. Ces choix conditionnent le filtrage, la réduction, l'interprétation, la structuration et l'organisation opérant pour construire l'observation et la production écrite » (Calmettes, 2000, p. 218).

Or, dans les propos de M1, le dessin n'est pas envisagé en lien avec un questionnement scientifique qui obligerait à regarder d'un certain point de vue les objets scientifiques, ce qui nous amène à nous demander en quoi le dessin d'observation, tel qu'il est défini ici, s'inscrirait dans des pratiques scientifiques.

La CDSS dans notre analyse des entretiens

L'augmentation d'éléments relatifs aux manières d'agir-penser-parler relevés dans les entretiens individuels des élèves montre qu'une CDSS se construit effectivement peu à peu. Mais l'analyse des entretiens ne peut, à elle-seule, mesurer le poids des enseignements dans cette évolution. Par ailleurs, la disparité des résultats obtenus en fonction des élèves fait que nous ne pouvons pas exclure que des manières d'agir-penser-parler propres à l'activité scientifique se soient construites, en partie et pour certains élèves, hors du cadre de la classe. Par ailleurs, le discours déclaratif des entretiens des enseignants nous conduit à identifier chez eux, si on s'en tient à ce qui est dit à distance de la pratique effective, la construction d'une CDSS qui serait davantage spécifiée par des pratiques spécifiques (proposition de situations) que par une activité de conceptualisation (orientée vers la construction de savoirs scientifiques), malgré une certaine disparité entre les trois enseignants. Même si elle n'est pas achevée à ce jour, nous postulons qu'une analyse de discours, plus attachée à la façon dont

chacun des élèves et chacun des enseignants s'exprime en situation d'enseignement, qu'aux contenus de discours qu'ils rapportent, pourrait mettre en évidence des positions énonciatives propres à chacun des acteurs et observables dans les transcriptions. Ce type de travail nous permettrait d'enrichir ces premières analyses dans la mesure où :

En même temps qu'ils construisent du sens, des contenus, les acteurs sont amenés à se « positionner », à s'inscrire dans une instance énonciative et à assumer un rôle qui ne peut être analysé indépendamment du cadre interactif dans lequel il se joue. (Jaubert M., 2007, p. 92)

Conclusion et perspectives

La partie du corpus étudiée, de nature déclarative, réduite aux contenus des entretiens dans le cadre de cette contribution, nous permet de commencer à appréhender l'évolution des représentations des élèves et des enseignants de ce que signifie faire/apprendre les sciences au début de l'enseignement élémentaire (GS-CE1). Nos premiers résultats semblent indiquer que la manière dont se spécifie disciplinairement la communauté discursive scolaire construite à l'entrée de l'école élémentaire évolue mais semble encore peu orientée vers une acculturation aux sciences et à la construction de savoirs scientifiques inhérents à une CDSS normée sur le plan épistémologique et institutionnel. Toutefois, notre analyse, à ce stade, ne dit pas encore comment cette CDSS se construit en classe ni quelles sont les modalités de l'élaboration d'une posture spécifique aux sciences. Pour cela, il nous sera nécessaire de comparer les discours recueillis lors des entretiens à ceux énoncés en situation d'enseignement, et de voir si l'activité langagière produite et sollicitée par les enseignants en situation, aide véritablement les élèves à construire une posture adaptée à la constitution de savoirs scientifiques. En effet, les concepts scientifiques se développent lentement de manière souterraine, dans la collaboration maître-élève par le biais des multiples recadrages de l'enseignant et des multiples reformulations des élèves, rendus nécessaires par les conflits cognitifs créés par des situations scolaires problématiques au regard des conceptions présupposées des élèves. Pour faire face à ces contradictions, les élèves vont s'efforcer de négocier une cohérence, par le biais d'explications de plus en plus adaptées à l'élaboration du savoir visé. Par conséquent, nous nous attacherons à analyser à partir des nombreux enregistrements vidéo de séances ordinaires d'enseignement réalisés pendant les trois années de recueil du corpus, comment les élèves s'intègrent dans cet espace social discursif d'intercompréhension spécifique à la discipline sciences. Nous nous focalisons sur l'activité langagière oralisée et plus particulièrement sur l'identification des positions énonciatives des différents acteurs qui nous

permettra de réaliser une analyse qualitative à même de nous aider à comprendre la manière dont se construit la CDSS. Nous la comparerons à la construction d'une communauté discursive scolaire dans une autre discipline afin de mettre en évidence cette spécification disciplinaire. Pour ce faire, nous observerons à la fois les positions énonciatives des onze élèves et la construction et l'évolution de postures dans les deux disciplines scolaires différenciées que sont le français et les sciences. Ainsi nous pensons mettre en relation la façon dont se spécifie la CDSS et la construction d'une posture propre à la discipline sciences à l'entrée de l'école élémentaire.

Bibliographie

- Bautier, É. (1995). *Pratiques langagières, pratiques sociales*. Paris : L'Harmattan.
- Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 141, 77-88.
- Bucheton, D. & Chabanne, J.-C. (1998). Le point de vue, le doute et le savoir. *Le français aujourd'hui*, 123, 16-29.
- Calmette, B. (2000). Les dessins d'observation dans les premières phases d'étude d'objets et de phénomènes. *Aster*, 31, 217-244.
- Grize, J.-B. (1990). *Logique et langage*. Gap : Ophrys.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction des connaissances à l'école. Un exemple en sciences*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT. Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Rebière, M. (2000). *Langage posture et cognition : enjeux et obstacles de l'activité langagière dans la classe de sciences*. Thèse non publiée. Bordeaux : Université de Bordeaux. 304 pages.
- Rebière, M. (2001). Une notion venue d'ailleurs...la posture. In J.-P. Bernié (éd.). *Apprentissage, développement et significations. Hommage à Michel Brossard* (pp. 191-208). Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I., & Lahanier-Reuter, D. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : de Boeck.
- Schneuwly, B. (2014). Didactique : construction d'un champ disciplinaire. *Éducation et didactique*, 8(1), 13-22.
- Vygotski, L.S. (1934/1997). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.

Problématiser des questions socialement vives environnementales

Analyse d'interactions discursives

Morin, Olivier⁽¹⁾, Simonneaux, Laurence⁽²⁾

⁽¹⁾ EA S2HEP, Université de Lyon – France

⁽²⁾ UMR EFTS, Université de Toulouse Jean Jaurès – France

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons un cadre d'analyse des interactions socio-discursives prenant place dans un dispositif de construction collaborative d'îlots de rationalité à propos de Questions Socialement Vives Environnementales (QSVE). Nos analyses portent sur les interactions de huit groupes d'étudiants en second cycle d'enseignement supérieur qui se sont emparés de deux QSVE : l'une locale (l'approvisionnement en eau potable d'une ville côtière par une centrale de dessalement d'eau de mer), l'autre globale (la consommation de viande à l'échelle planétaire à l'horizon 2050). Nous discuterons des implications des résultats obtenus en termes de points de vigilance à considérer dans l'approche de la problématisation de controverses socioscientifiques dans l'enseignement des sciences.

Enjeu et contexte

Former les élèves à répondre aux défis socio-écologiques de notre époque est une nécessité reconnue à l'échelle internationale (rappelée par les 17 Objectifs de Développement Durable - ODD- de l'UNESCO entrés en vigueur en janvier 2016), et une volonté politique de la France. Mais les problèmes environnementaux ayant pour caractéristique essentielle de mêler étroitement des aspects sociaux et écologiques, leur résolution appelle une observation conjointe de ces deux aspects. Ainsi, au-delà de la délimitation d'espaces et de parc naturels

protégés, l'écologie de la réconciliation (Couvét & Teyssède - Couvét , 2010 ; Mathevet, 2012) étudie les capacités d'adaptation des habitats non protégés pour leur permettre d'héberger une biodiversité abondante de façon compatible avec les activités humaines. Il s'agit de penser le rapport à l'environnement en termes de gestion de ressources et de viser l'équité de leur répartition.

Des ressources partagées, bien communs de l'humanité

La qualité de l'eau, de l'air ou des sols, nos approvisionnements de nourriture, de matière première ou d'énergie, sont autant de services écosystémiques¹ définis comme les « bénéfiques que les humains tirent des écosystèmes », (Millenium Ecosystem Assesment, 2005, version française, p. 9 ; Zhang, Ricketts, Kremen, Carney & Swinton, 2007) auxquels nous - humains - choisissons d'accorder de la valeur.

Pour le sociobiologiste Hardin (1968), le problème de telles ressources réside dans leur libre accès : elles seraient condamnées à être surexploitées du fait que chaque utilisateur est conduit spontanément à y puiser sans limite. Il n'y aurait alors que trois solutions à cette tragédie des biens communs : la limitation de la population (déjà envisagée par Malthus en 1798, avec toutes les dérives qu'on imagine), la nationalisation des ressources ou leur privatisation. Au-delà de ces approches manichéennes, Elinor Oström (prix Nobel d'économie avec Williamson en 2009) interroge le concept de propriété et estime qu'Hardin confond propriété commune et accès libre, alors qu'une troisième voie, entre l'état et le marché peut être ouverte si on distingue les biens publics des biens communs.

Oström (1990) s'appuie sur la distinction proposée en 1954 par Samuelson entre biens publics et biens privés, mais pour la dépasser. Samuelson considère deux critères, l'exclusion (est privé ce qui ne peut être consommé sans s'acquitter du prix) et la rivalité (un bien privé consommé par un individu ne peut pas être consommé par un autre). Dans cette conception, les biens publics (tel que l'éclairage municipal par exemple) sont à la fois non-excluables et

¹ Dans un essai de synthèse, la diversité des services écosystémiques a été organisée en quatre catégories (MEA, 2005 ; TEEB, 2010) : les services culturels (spirituels, esthétiques, récréatifs, qui regroupent les apports immatériels perçus au contact des écosystèmes), les services d'approvisionnement (de nourriture, de matière première, d'énergie) et les services de régulation (de la qualité de l'air ou de l'eau, des effets de tempêtes, de la fertilité des sols), qui sont eux même soutenus par les services d'habitat (ceux qui rendent possible le maintien de la diversité biologique à l'origine des trois premières catégories).

non-rivaux puisqu'il n'est pas possible d'empêcher un individu n'ayant pas payé de consommer malgré tout, et puisque la consommation par cet individu ne réduit pas celle des autres. Toujours selon cette conception dichotomique, les biens privés s'échangent dans le cadre du marché, alors que les biens publics sont gérés par les États. Mais Oström souligne qu'exclusion et rivalité ne vont pas systématiquement de pair, et cite Buchanan qui en 1965 avait déjà ajouté un troisième type de bien, nommé biens de club, non rivaux mais excluables (un exemple actuel serait la chaîne de télévision Netflix). Dépassant alors la dichotomie entre biens publics et biens privés, Oström a considéré les biens communs comme des ressources en propriétés communes : elles sont en accès libre comme le sont les biens publics alors qu'elles sont rivales comme les biens privés (la consommation par un individu amoindrie la consommation possible par les autres). Il s'agit par exemple de forêts, ou de pêcheries.

		Rivalité dans la consommation	
		forte	faible
Possibilité d'exclusion	faible	Biens communs Ex : forêt, pêcheerie côtière	Biens publics Ex : éclairage municipal
	forte	Biens privés Ex : véhicule personnel	Bien de club Ex : Netflix

Tableau n°1 : D'après Oström (1990) La gouvernance des biens communs : pour une nouvelle approche des ressources naturelles

À l'inverse des prédictions de surexploitation issues du modèle élaboré sur la base de la tragédie des communs, les investigations d'Oström sur la base d'études de terrains sur divers continents (de la gestion des nappes phréatiques dans le sud de la Californie à celle des parcelles forestières par des communautés africaines en passant par les système d'irrigation au Népal) ont montré que des interactions basées sur la confiance et la réciprocité peuvent résoudre des problèmes complexes en évitant la surexploitation des ressources, par des collectifs qui s'auto-organisent. Les usagers des ressources se contrôlent mutuellement, car la possibilité de communiquer sur l'utilisation des règles de sanction leur permet à la fois de réduire l'exploitation et d'augmenter les gains individuels et collectifs. La condition de réussite de ces coordinations, dont la durabilité émerge de la juxtaposition d'une multitude de décisions individuelles indépendantes prises par des personnes qui n'ont pas toutes

nécessairement la même vision ni les mêmes intérêts, est que les règles soient définies collectivement, connues et reconnues de tous.

Avec Elinor Oström, on peut alors énoncer i) que la coordination entre les multiples acteurs impliqués est au cœur du ou des problèmes environnementaux et ii) que la résolution de ces problèmes passe par une amélioration de cette coordination. Dans cette visée, la participation aux procédures démocratiques fait appel à une citoyenneté scientifique dont les modalités de formation méritent d'être questionnées.

Des interactions socio-discursives au cœur des QSVE

Les problématiques environnementales appellent à tisser des liens entre des savoirs émergents, composites (scientifiques, techniques, professionnels, locaux, traditionnels), distribués entre les parties prenantes, et propres à des situations spécifiques. Scolariser le questionnement de ces défis conduit à mettre en œuvre des investigations scientifiques à propos de savoirs stabilisés, mais aussi à aborder des controverses et des incertitudes scientifiques, dans une interrogation sociétale des modèles de développements comme de la justice sociale.

L'appréhension de la complexité et des incertitudes des controverses socioscientifiques, problèmes complexes flous au sens de Zimmerman (2000), implique une approche dialogique orientée vers l'intercompréhension et la reconnaissance de la pluralité de lectures des situations. La logique formelle employée seule se révèle inadéquate dans le cas des QSVE, car les interlocuteurs ne s'entendent pas forcément sur les prémisses, car l'information disponible est presque toujours incomplète, car aucune solution ne s'impose. Ces questions occasionnent des dilemmes éthiques (Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002), impliquent généralement des aspects à la pointe de la recherche scientifique (Kolstø, 2001), et sont aussi influencées par des facteurs sociaux tels que les préoccupations économiques, politiques, juridiques ou religieuses (Barab, Sadler, Heiselt, Hickey, & Zuiker, 2007). Leur traitement relève ainsi bien davantage du raisonnement informel que du raisonnement formel². Jusqu'à

2 Par opposition aux raisonnements formels les raisonnements informels n'offrent pas les possibilités d'application de la logique déductive dans laquelle les conclusions sont évidentes (Evans, 2002). Zohar & Nemet (2002) décrivent de telles constructions: « [...] *informal reasoning is the reasoning applied outside the formal contexts of mathematics and symbolic logic. It involves reasoning about causes and consequences and about advantages and disadvantages, or pros and cons, of particular propositions or decision alternatives. It underlies attitudes and opinions, involves ill-structured problems that have no definite*

présent, les modèles d'analyses des raisonnements informels sur des controverses socioscientifiques ont privilégié soit les pratiques cognitives (Sadler, Barab & Scott 2007), soit les capacités argumentatives (King & Kitchener, 1994 ; Chang & Chiu, 2008 ; Chang - Rundgren & Rundgren, 2010) sans jamais les dissocier complètement, mais sans non plus explorer leur articulation. Nous proposons ici d'adopter explicitement l'approche de l'interactionnisme socio-discursif (Bronckart, 1996 ; Bronckart, 2005) qui analyse le rôle joué par les pratiques langagières dans la constitution et le développement de la pensée collective. Cette approche questionne alors les relations entre l'enseignement du raisonnement argumentatif et l'enseignement de contenus scientifiques. Bien qu'il semble logique et intuitif qu'une bonne maîtrise des contenus scientifiques soit nécessaire à une argumentation de qualité, Molinatti (2007, p. 156) cite plusieurs travaux mettant en évidence l'absence de corrélation entre les connaissances conceptuelles antérieures par rapport à une question socioscientifique et la qualité de l'argumentation. Ces relations ont été examinées avec le programme de recherche *Thinking in science classroom* conduit par Zohar & Nemet en 2002. En amenant des élèves à construire des arguments dans le cadre de la mise en débat d'une question controversée (les implications sociétales des connaissances en génétique humaine), mais aussi en leur donnant l'opportunité de s'engager dans des discussions sur ce que constitue un bon argument, ces auteures observent à la fois une augmentation de la maîtrise des connaissances biologiques se rapportant à la question traitée, une meilleure mobilisation de ces connaissances scientifiques spécifiques dans les raisonnements construits (des conclusions supportées par des justifications plus diverses), et le développement de la capacité à transférer les habiletés de raisonnement développées dans le contexte de la génétique à des contextes différents. Même si quelques années plus tard, l'étude de Lewis & Leach (2006) avec des jeunes de 14 à 16 ans montre que ceux-ci trouvent difficile de s'engager dans des discussions (ici sur les technologies génétiques) parce que leur compréhension des éléments scientifiques impliqués est limitée, Lewis & Leach soulignent qu'un apport très limité de savoirs est suffisant pour franchir un tel obstacle. Ainsi, d'un point de vue didactique, les QSV interrogent le processus de problématisation, qu'on peut décrire « comme le mouvement par lequel se déterminent mutuellement les faits à prendre en compte et le modèle qui permet de les interpréter » (Rey, 2005, p. 104).

solution, and often involves inductive (rather than deductive) reasoning problems. » (2002, p. 38).

Problématique

Une réflexion sur la durabilité des choix de développement des sociétés nécessite plus que des approches rigoureuses dans les champs disciplinaires concernés (économiques, techniques, sociaux, environnementaux, politiques, éthiques). Elle oblige à renoncer aux solutions universelles et conduit à la mise en cohérence de savoirs particuliers dans une représentation globale de la situation. Celle-ci doit rendre compte de la multiplicité d'acteurs et de valeurs accordées aux services des écosystèmes pour rendre possible les interactions dont Oström a montré le potentiel à éviter la surexploitation des biens communs.

Les problématiques de la durabilité renvoient ainsi à la capacité à penser la réalité dans les interactions et rétroactions de multiples éléments (culturels, sociaux, physiques, écologiques, éthiques) en mosaïque. La question de recherche que nous posons ici est celle du rôle joué par les échanges langagiers dans la constitution et le développement de la pensée élaborée collectivement : de quelle nature sont les interactions socio-discursives qui rendent possible l'approfondissement de Raisonnements SocioScientifiques dans la perspective de Durabilité (RSSD) ?

Par RSSD, nous entendons des raisonnements informels au sens de Zohar et Nemet (note 2, *supra*) questionnant la durabilité des choix collectifs en articulant d'une part l'exercice de la rationalité, qui conduit à rechercher des preuves tangibles en interrogeant des faits, et d'autre part, la construction d'une opinion indépendante fondée sur le questionnement de ses expériences subjectives et du point de vue de son propre groupe social. Nous analyserons les niveaux d'approfondissement de ces RSSD lorsque des groupes sont exposés à des QSVE authentiques et d'actualité, et nous rechercherons en quoi ces approfondissements peuvent être corrélés aux types d'interactions socio discursives prenant place au cours de la prise en charge de la complexité et des incertitudes de telles QSVE.

Situation didactique et recueil du corpus

Quarante-quatre étudiants se destinant à l'enseignement des Sciences de l'Environnement (Deakin University, Australie) ou des SVT (Université Claude Bernard, Lyon 1, France) ont rédigé en groupes de 5 à 7 (cf. tableau 2) des écrits collectifs pour développer leur RSSD vis à vis d'une QSVE (le dessalement local d'eau de mer, la consommation globale de viande). La consigne commune était d'argumenter leur réponse à la question : « D'après vous, dans l'intérêt collectif, que faudrait-il faire, pourquoi et à quelles conditions ? »

La QSVE du dessalement de l'eau de mer est une question inscrite dans le territoire local des étudiants australiens, il s'agissait d'un projet (depuis mené à terme) visant à constituer une réserve d'approvisionnement en eau potable de la ville de Melbourne. Ce projet s'est heurté à une campagne d'opposition menée par des militants locaux ainsi que par les Verts australiens. Au cœur de ce dossier se trouvaient entre autres les évaluations chiffrées des besoins en eau, des études de faisabilité et d'impacts environnementaux. L'évolution de la consommation humaine de viande est une question plus globale à la médiatisation encore grandissante. Il s'agit d'envisager l'évolution de la consommation de viande à l'horizon 2050 à l'échelle globale, en regard des prévisions démographiques de l'ONU³, des projections de la FAO⁴ et des scénarios Agrimonde du CIRAD⁵ et de l'INRA⁶. Ces deux QSVE ont été choisies pour leur potentiel à motiver une réflexion individuelle et collective. Chaque participant peut en effet se sentir concerné, à différentes échelles : en tant que consommateur inscrit dans le présent de son groupe social (en particulier à propos de la QSVE locale, avec une différence culturelle entre australiens et français potentiellement riche), en tant que scientifique détenteur de connaissances plus ou moins actualisées, en tant que citoyen du monde impliqué dans une réflexion sur l'avenir (en particulier avec la question de la consommation de viande).

Groupes explorant la question de la consommation de viande à l'échelle planétaire				Groupes explorant la question du dessalement de l'eau de mer à Melbourne			
Partenaires A		Partenaires B		Partenaires A		Partenaires B	
Groupe Viande A français	Groupe Viande A australien	Groupe Viande B français	Groupe Viande B australien	Groupe Sel A français	Groupe Sel A australien	Groupe Sel B français	Groupe Sel B australien
5 étudiants	7 étudiants	5 étudiants	5 étudiants	5 étudiants	6 étudiants	5 étudiants	6 étudiants

Tableau n° 2 : Constitution des groupes

Des échanges intragroupes en présentiel ont abouti à la construction d'un premier RSSD collectif exprimé dans un premier écrit collaboratif d'environ cinq pages grâce à l'outil wiki de la plateforme numérique SpiralConnect (Université Lyon 1). Puis des échanges franco-australiens intergroupes via un forum de la plateforme ont fait suite à la publication

³ Organisation des Nations Unies

⁴ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

⁵ Centre (français) de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

⁶ Institut National (français) de Recherche pour l'Agriculture et l'Alimentation

des premiers wikis. Dans un troisième temps, ils ont donné lieu à la reconsidération du premier RSSD par chaque groupe, qui s'est traduite par la modification et la réécriture collaborative du premier wiki. L'ensemble des activités a été estimé à un équivalent de 6 h à 9 h de travaux dirigés présentiel, majoritairement de manière asynchrone, sur des périodes de quelques semaines.

Méthodologie d'analyse

Analyse des RSSD

Nous avons développé dans de précédentes recherches (Morin, Simonneaux, Simonneaux, Tytler & Barraza, 2014) un modèle d'analyse des niveaux de prise en compte de la complexité dans les RSSD. Structuré autour de six axes d'analyses (Problématisation, Interactions, Savoirs, Incertitudes, Valeurs, Gouvernance) et prenant appui sur les travaux de Perry (1970), King & Kitchener (1994), Sadler, Barab & Scott (2007), Simonneaux & Simonneaux (2009), il a été éprouvé sur des écrits collaboratifs de nombreux groupes d'étudiants en second cycle d'enseignement supérieur, et rend compte d'une progression dans l'approfondissement des RSSD jusqu'à un niveau élevé (niveau 4).

Les analyses des six dimensions retenues portent respectivement sur les six aspects suivants : Les différents volets (environnementaux, sociaux, économiques) de la QSVE sont-ils abordés avec différents modèles explicatifs ? Les dynamiques des socioécosystèmes sont-elles envisagées à travers différentes échelles sociales, spatiales et temporelles ? Comment les différents types de savoirs sont-ils mobilisés ? Les conditions de validité des savoirs et les risques technoscientifiques sont-ils saisis ? Y-a-t-il reconnaissance et discussion des valeurs impliquées dans la question ? Les relations entre les intérêts des parties prenantes sont-elles considérées au niveau de différentes institutions sociales (groupes familiaux, groupes de pairs, groupes professionnels, institutions, nations...) ?

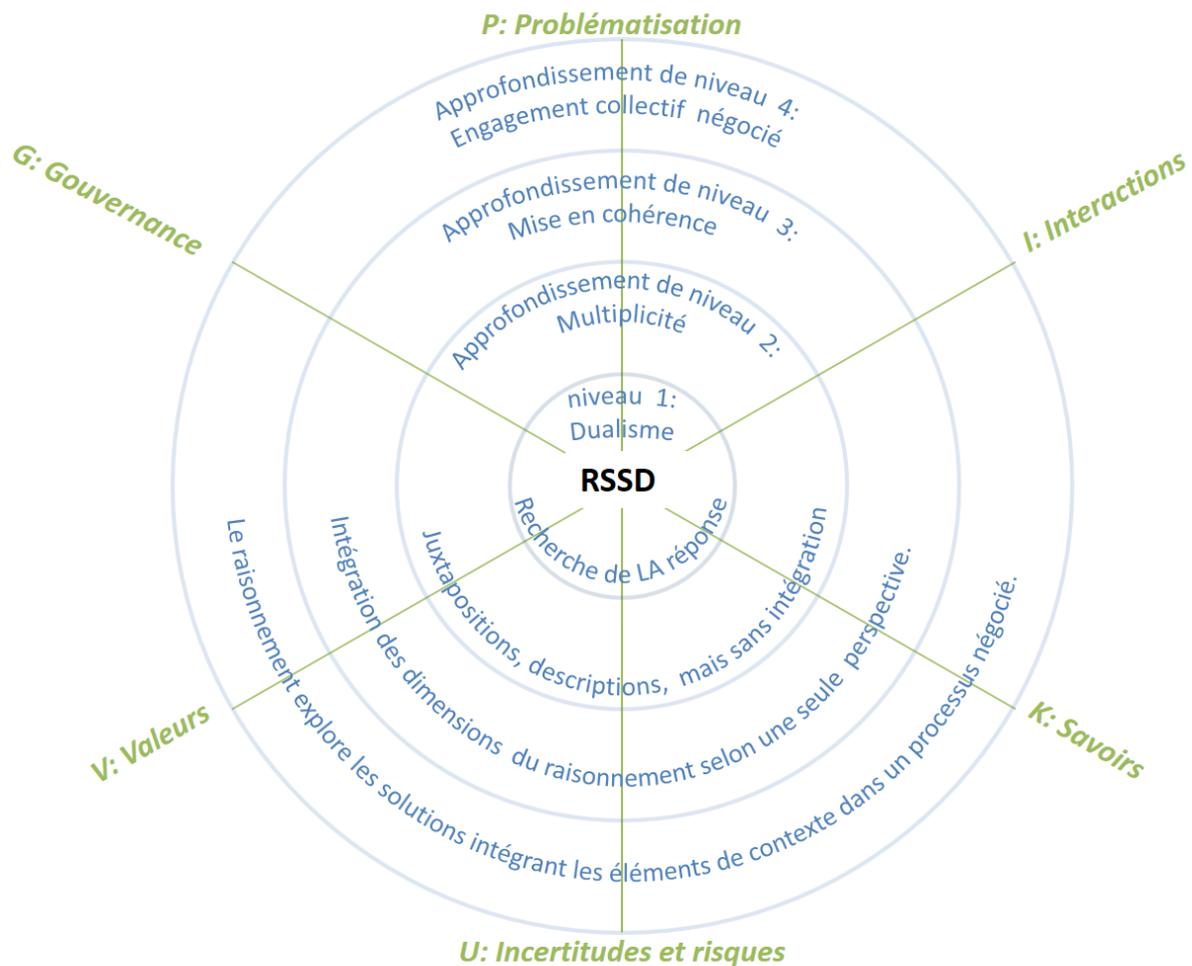


Figure n°1 : Les RSSD, Raisonnements SocioScientifiques dans la perspective de Durabilité (Morin *et al.*, 2014)

La figure 1 montre ce qu'il y a de commun aux quatre niveaux d'approfondissement dans les six dimensions du raisonnement. La dimension des savoirs nous intéressant particulièrement ici, précisons ci-dessous comment les quatre niveaux d'approfondissements sont identifiés :

- au niveau 1 (celui du dualisme), un seul type de savoir, académique ou non académique (vernaculaire, professionnel, médiatique...) est considéré ;
- au niveau 2 (celui de la multiplicité), différents éléments de savoirs (académiques ou non) sont juxtaposés ;
- au niveau 3 (celui de la mise en cohérence), les savoirs socioscientifiques mobilisés sont reliés dans une cohérence privilégiant une seule perspective ;
- au niveau 4 (celui de l'engagement collectif négocié), les savoirs socioscientifiques sont articulés en considérant diverses perspectives.

Ainsi, au niveau supérieur d'approfondissement de cette dimension, la mise en cohérence des savoirs socioscientifiques ne privilégie pas une seule perspective, témoignant autant d'une disposition à l'engagement collectif (dans l'explicitation de la cohérence du raisonnement) qu'à la négociation (de points de vue divers). C'est par exemple le cas dans l'extrait où le groupe examine la possibilité de productions in vitro de viande :

[...] Il est aussi envisageable de promouvoir la culture de cellules musculaires en tant que compromis : nous continuerions à consommer de la viande (bien que pas naturelle), tout en réduisant considérablement les dégâts collatéraux (antibiotiques, hormones de croissance, pollution des sols, etc.). L'équipement nécessaire à l'exploitation de cette solution peut cependant poser problème : si les pays en voie de développement ne parviennent déjà pas à créer suffisamment de fermes pour s'alimenter en viande autant que dans les pays "développés", il est encore moins probable qu'ils puissent créer des laboratoires pour la culture de cellules musculaires. Le deuxième gros problème de cette éventualité réside dans le choix du consommateur : tant que cette technique ne sera pas généralisée, il est compréhensible que le choix se tourne vers une viande animale plutôt qu'une "de laboratoire". [...]

Ce texte écrit à plusieurs mains (c'est un wiki) exprime une mise en cohérence de divers savoirs socioscientifiques en considérant les contraintes techniques mais aussi la faisabilité en termes économiques, et l'acceptabilité sociale de cette biotechnologie. A cet égard, il peut être catégorisé au niveau 3 d'approfondissement. Mais il envisage aussi cette mise en cohérence du point de vue des pays industrialisés comme du point de vue des pays en voie de développement, et en cela il peut être catégorisé au niveau 4 d'approfondissement où plusieurs perspectives sont envisagées.

Analyse des interactions socio-discursives

Considérant que les RSSD sont des îlots de rationalité (Fourez, 1998) créés pour pouvoir communiquer et décider dans un contexte précis et en fonction d'un projet particulier, nous appréhendons ces raisonnements à la fois en tant que produits d'expertise collégiale (étudiés avec notre premier modèle d'analyse), et en tant qu'élaborations collectives de jugements réflexifs se développant dans les pratiques argumentatives (étudiées avec notre second modèle d'analyse). Ainsi, notre analyse ne se fonde-t-elle pas sur le concept vygotkien de « l'internalisation », mais sur celui de l'intersubjectivité. Elle rejoint en cela la pensée d'Habermas (1981) qui ne limite pas la raison à la logique d'individus isolés donnant du sens à un monde objectif, et qui substitue au paradigme de la conscience celui de

l'intercompréhension mutuelle. Notre deuxième modèle d'analyse vise à identifier les conditions d'intégration des argumentations individuelles dans les RSSD. C'est pourquoi nous croisons la catégorisation de Mercer (1994) sur les types de discussions, avec l'identification des domaines de validité des arguments selon Habermas (1981). Chaque contribution au forum a ainsi été analysée en termes de dynamique d'interactions socio-discursives d'une part, en termes de mode de justification d'arguments d'autre part.

Notre analyse des types de discussions prend appui sur les catégories proposées par Mercer (1994) puis Mercer, Wegerif, & Dawes (1999). Mercer a distingué trois catégories de discussions : *disputational talk*, *cumulative talk* et *exploratory talk*⁷. Nous avons adapté cette typologie en distinguant les discussions exploratoires dont des volets ont été distribués entre les membres d'un même groupe, de celles, intégratives, auxquelles tous les membres du groupe ont contribué ensemble. Le tableau 3 ci-dessous résume les caractéristiques nous ayant permis de distinguer les types d'interactions, et les extraits en annexe 1 apportent un exemple de passage d'une exploration distribuée à une exploration intégrative.

<p>La dispute⁸ au sens de Mercer, caractérisée par des désaccords et des prises de décision individualisées.</p> <p>Les échanges sont courts, majoritairement constitués d'affirmations et de défis ou d'oppositions.</p>	<p>La discussion cumulative, approche rétroactive.</p> <p>Les échanges se réduisent dans la plupart des cas à la citation de données chiffrées et de rapports de recherche, publiés par des institutions implicitement</p>	<p>La discussion exploratoire distribuée où chaque participant suit le fil de son propre raisonnement dans une investigation proactive.</p> <p>Les échanges entre participants sont limités car chacun n'intervient souvent qu'une fois. Lorsque plusieurs interventions viennent</p>	<p>La discussion exploratoire intégrative (correspondant <i>sensu stricto</i> à la discussion exploratoire de Mercer) où les raisonnements sont co-construits.</p> <p>Les échanges sont enrichis par de nombreuses interventions de plusieurs participants, qui s'imbriquent pour éclairer une même thématique.</p>
---	---	--	--

⁷ Disputational talk: *whereby speakers challenge other speakers' views, but without attempting to justify their challenge by building on previous utterances or offering new information.*

Cumulative talk: *whereby speakers contribute to discussion by taking up and continuing a previous speaker's utterance, without explicit comment.*

Exploratory talk: *whereby hypotheses are proposed, objections are made and justified, and new relevant information is offered.* (Mercer, 1994 p. 27)

⁸ Nous n'avons pas observé ce type d'interactions dans notre corpus.

<p>Les différences de points de vue sont mises en évidence et l'orientation du discours est défensive.</p>	<p>reconnues comme dignes de confiance.</p> <p>Les différences de points de vue ne sont pas explicitées.</p>	<p>du même participant, elles sont fortement liées entre elles dans une seule thématique et constituent des niveaux successifs d'approfondissement du raisonnement individuel et n'appellent pas de réaction des autres participants.</p> <p>Les différences de points de vue ne sont pas interrogées bien que des regards différents sont portés sur les objets d'investigations. Leur complémentarité est présumée sans être discutée.</p>	<p>Les formulations successives des aspects explorés intègrent et modifient des formulations précédentes en exprimant des différences de points de vue dont la complémentarité est recherchée.</p>
--	--	--	--

Tableau n° 3 : Orientations d'interactions socio-discursives

Notre analyse des justifications des arguments prend appui sur l'approche habermassienne de l'intercompréhension mutuelle. Selon Habermas (1981), faire évoluer une représentation du monde dans le sens de la rationalité nécessite un double processus de décentration (intégrer le point de vue des autres) et de structuration (différencier les aspects de la réalité qui permettent de saisir leurs relations). Conséquemment, l'intercompréhension mutuelle implique la mobilisation d'arguments pouvant prétendre à la validité dans le monde objectif, et/ou social et/ou subjectif des participants. C'est pourquoi nous avons analysé la prétention à la validité de chaque justification d'argument, en appui sur le tableau 4 qui décrit ces trois types.

<p>Dans le monde objectif, les justifications prétendent à l'exactitude avec des énoncés pragmatiques de faits observables, descriptions de phénomènes (physico-chimiques, biologiques,</p>	<p>En se référant au monde social, les justifications prétendent à la conformité aux normes de groupe(s) d'appartenance(s) avec des énoncés déontiques de « ce qu'il convient de faire », et/ou</p>	<p>Les justifications prétendent à la sincérité vis-à-vis du monde subjectif lorsqu'il s'agit de témoignages affectifs d'émotions ressenties, de récits d'évènements vécus, d'expressions de perceptions</p>
--	--	---

sociétaux) en interactions.	des discriminations de pratiques sociales « ce qui se fait » (usages, habitudes, coutumes).	individuelles.
-----------------------------	---	----------------

Tableau n° 4 : Mondes de référence des justifications d’arguments

En voici quelques exemples à propos de la consommation de viande :

- faisant référence au monde objectif : la réduction de consommation de viande peut être justifiée (on l’observe dans le corpus) par la consommation d’eau liée à l’élevage, tandis que la réticence à réduire cette consommation est justifiée (toujours dans le corpus) par l’impact économique des pertes d’emplois qui y seraient associées ;
- faisant référence au monde social : on peut trouver des citations telles que « *Everybody knows that Australians ("Aussies") love to barbeque. Any chance we get when the weather is nice we go outside and cook as much meat as we can* » ou encore « *Often insects are seen as vectors of disease, so it will take much time to change opinions and habits ... why not to advertise for this kind of feeding?* » ;
- faisant référence au monde subjectif : « *I’m really proud about my history, my culture, and our COOKING. Above all since UNESCO had raised the “French gourmet meal” as intangible cultural heritage of mankind.* » ou « *I cannot believe we forgot to include insects into our discussion.* »

A l’analyse qualitative des justifications d’arguments, nous avons ajouté une analyse quantitative portant sur le nombre de mondes de références mobilisés dans les justifications d’arguments. En effet les justifications d’arguments peuvent mobiliser un seul monde de référence ou en combiner deux, voire trois comme dans la contribution ci-dessous à un fil thématique portant sur la production de viande *in vitro*.

« *I'm not sure if I could eat artificial meat. [monde subjectif] At the moment we seem to be focusing on returning to a more natural, organic system. [monde social] So to me artificial is going in the opposite direction. [monde subjectif] Also will the manufacturing plants be adding to env problems with transport, energy consumed, emissions etc? [monde objectif]* »

Résultats

Les analyses des fils de discussions thématiques déployés par les groupes montrent que les approfondissements des RSSD ont lieu lorsque : 1) Les interactions en ligne incluent au

moins deux des trois mondes de références et pas seulement le monde objectif, et 2) lorsque les discussions sont des explorations intégrées. Le tableau 5 en présente une synthèse globale. Il rapporte pour chaque groupe les pourcentages des différents types de contributions dans la typologie adaptée de Mercer, les pourcentages des justifications d'arguments fondées sur un seul ou sur une combinaison de monde de référence, et les niveaux d'approfondissements des RSSD avant et après les forums.

	Types de discussions			Justifications des arguments		Approfondissements des RSSD			
	Cumulatives	Exploration distribuées	Explorations intégratives	Un monde de référence	Plusieurs mondes de référence	RSSD du wiki 1	RSSD du wiki 2	Différences	Gain Index
Groupe Viande B australiens	0.00	0.00	100.00	15.38	84.62	21	24	3	1.00
Groupe Sel A australiens	0.00	5.56	94.44	33.33	66.67	20	21	1	0.25
Groupe Viande A français	6.06	3.03	90.91	42.42	57.58	13	22	9	0.82
Groupe Viande B français	5.26	5.26	89.47	31.58	68.42	14	20	6	0.60
Groupe Viande A australiens	25.00	4.17	70.83	54.17	45.83	17	22	5	0.71
Groupe Sel A Français	25.00	8.33	66.67	41.67	58.33	11	18	7	0.54
Groupe Sel B Français	50.00	14.29	35.71	92.86	7.14	16	18	2	0.25
Groupe Sel B Australiens	53.33	13.33	33.33	80.00	20.00	20	21	1	0.25

Tableau n° 5 : Approfondissement des raisonnements et caractéristiques des interactions socio-discursives (le gain index est le gain réalisé par rapport au gain réalisable pour le groupe)

Pour tenir compte du fait que tous les groupes ne partent pas d'un même niveau de RSSD rapporté par les wikis 1, nous avons calculé le gain index des RSSD, comme la fraction d'augmentation entre les RSSD du wiki 2 et celui du wiki 1 par rapport à la plus grande augmentation possible du groupe, le score de 24 (niveau 4 dans chacune des 6 dimensions) étant maximum : $(RSSD_2 - RSSD_1) / (24 - RSSD_1)$. Nous constatons que la corrélation entre le

gain index et le % de contributions du type exploration intégrative est particulièrement forte : coefficient de Bravais-Pearson $R = 0.65$.

Le deuxième résultat que cette synthèse révèle est le lien entre le % de contributions du type exploration intégrative et la convocation de plusieurs mondes de références habermassiens pour y justifier les arguments. Notons que chaque fois qu'une contribution ne mobilise qu'un seul monde de référence, il s'agit invariablement du monde objectif. Alors que ces contributions visent à faire preuve, nous observons qu'elles ne suffisent pas à générer un approfondissement des RSSD. En revanche, le coefficient de corrélation entre le % de contributions du type exploration intégrative et le % de justifications dans plus d'un des trois mondes de référence est extraordinairement élevé : coefficient de Bravais-Pearson $R = 0.95$.

Discussion et perspective

Les savoirs scientifiques sont apodictiques dans le sens où ils présentent, dans un cadre problématique donné, un caractère de nécessité. Ce caractère apodictique implique que la compréhension des savoirs scientifiques soit en premier lieu celle des nécessités des problèmes auxquels ces savoirs apportent une résolution. Mais les QSVE sont des situations/problèmes complexes, qui ne mobilisent pas seulement les savoirs scientifiques. De manière plus vive encore que dans le cas des questionnements traités par la science de laboratoire, la nature des éléments à prendre en compte est incertaine et les faits ne sont pas « donnés » : le problème est ouvert, il est entièrement à construire.

Les résultats de cette étude sont significatifs dans le contexte éducatif actuel où le débat est un dispositif plébiscité d'éducation à la durabilité, dans la mesure où les enseignants s'interrogent sur leur positionnement éthique et déontologique lorsqu'il s'agit de mettre en relation les investigations scientifiques et les questionnements politiques. En adaptant la catégorisation de Mercer (1994) sur les types de discussions et en la croisant avec l'identification des domaines de validité des arguments selon Habermas (1981), nous observons que la problématisation collective des QSVE émerge, se déploie et se reconfigure en forte dépendance avec la nature des interactions socio-discursives.

L'introduction de la catégorie exploration intégrative est une extension significative de la typologie de Mercer, qui a été initialement élaborée pour des élèves du premier degré explorant des concepts scientifiques stabilisés. Les convergences que nous mettons ici en évidence entre les types d'interactions et les approfondissements des raisonnements montrent que le modèle d'analyse adopté est propre à révéler les aspects déterminants de ces

constructions collectives. L'analyse statistique montre en particulier que dans l'approche des controverses socioscientifiques visant la citoyenneté scientifique critique et active, les argumentations uniquement scientifiques ne sont pas perçues comme suffisantes par les participants pour faire évoluer les raisonnements. Elles montrent aussi que la mobilisation et l'approfondissement de savoirs scientifiques sont fortement liés à la qualité de l'argumentation construite. Loin de remettre en question la légitimité de références scientifiques à des savoirs savants dans l'argumentation, cette référence trouvant tout son sens dans ce que ces savoirs ont d'universel (Alpe, 2006), il nous paraît toutefois nécessaire de considérer que les analyses rationnelles et les expériences affectives ne s'excluent pas dans la construction des raisonnements informels et contribuent à la problématisation des QSVE. Nous rejoignons en cela Ardoino (1993) lorsqu'il rappelle que les sciences de l'homme et de la société sont toujours confrontées à des pratiques sociales, à des situations impropres à la démarche de simplification découpant les faits. Leur caractère intrinsèquement complexe requiert une approche de la multiréférentialité proposant une lecture plurielle des raisonnements développés pour comprendre la dynamique de leur construction. Le défi de l'intégration des enjeux contemporains aux enseignements de Sciences de la vie et de la Terre est celui de l'intégration des questions de durabilité à l'alphabétisation scientifique de manière plus générale ; il peut être relevé à la condition d'articuler des investigations et débats scientifiques avec d'autres approches critiques, dans une problématisation, entre autres, de ce qui est considéré *normal* dans un groupe social.

Bibliographie

- Alpe, Y. (2006). Quelle est la légitimité des savoirs scolaires ? In A. Legardez, & L. Simonneaux, *L'école à l'épreuve de l'actualité Enseigner les questions vives* (p. 233-246). Paris: ESF.
- Ardoino, J. (1993). *L'approche multiréférentielle en formation et en sciences de l'éducation*. Paris: Pratiques de formation (analyse), Université Paris VIII, Formation Permanente, 25-26.
- Barab, S. A., Sadler, T. D., Heiselt, C., Hickey, D., & Zuiker, S. (2007). Relating narrative, inquiry and inscriptions: Supporting consequential play. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 59-82.
- Bronckart, J.-P. (1996). *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionisme socio-discursif*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Bronckart, J.-P. (2005). Les différentes facettes de l'interactionisme socio-discursif. *Calidoscopio*, 3(3), 149-159.
- Chang Rundgren, S. N., & Rundgren, C. J. (2010). SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11,(1),1-24.

- Chang, S.-N., & Chiu, M. H. (2008). Lakatos' Scientific Research Programmes as a Framework for Analysing Informal Argumentation about Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753-1773.
- Couvet, D., & Teyssède - Couvet, A. (2010). *Ecologie et biodiversité. Des populations au socioécosystèmes*. Peronnas: Belin.
- Evans, J. B. (2002). Logic and human reasoning: An assessment of the deduction paradigm. *Psychological Bulletin*, 128(6), 978-996.
- Fourez, G. (1998). Se représenter et mettre en oeuvre l'interdisciplinarité à l'école. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(1), 31-50.
- Habermas, J. (1981). *La théorie de l'Agir communicationnel* (éd. 1987). Paris : Fayard.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the common. *Science*, 62(3859), 1243-1248.
- King, P. M., & Kitchener, K. S. (1994). *Developing Reflective Judgment: Understanding and Promoting Intellectual Growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*. San Francisco CA: Jossey-Bass Publishers.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial SSI. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Lewis, J., & Leach, J. (2006). Discussion of Socio-scientific Issues : The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287.
- Malthus, T. R. (1798). *Essai sur le principe de population* (éd. 1963). Paris : Editions Gonthier.
- Mathevet, R. (2012). *La solidarité écologique. Ce lien qui nous oblige*. Arles : Actes Sud.
- Millenium Ecosystem Assesment. (2005). *Millenium Ecosystem Assesment. Ecosystem and Human Well-being : Synthesis*. Washington DC.: Island press.
- Mercer, N. (1994). The quality of talks in children's joint activity at the computer. *Journal of Computer Assisted Learning*, 10(1), 24-32.
- Mercer, N., Wegerif, R., & Dawes, L. (1999). Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British educational research journal*, 25(1), 95-111.
- Molinatti, G. (2007). *Médiations des sciences du cerveau. Approche didactique et communicationnelle de rencontres entre neuroscientifiques et lycéens*. Paris : Thèse de doctorat du Museum national d'Histoire naturelle.
- Morin, O., Simonneaux, L., Simonneaux, J., Tytler, R., & Barraza, L. (2014). Developing and using an S3R model to analyze reasoning in web-based cross-national exchanges on sustainability. *Science Education*, 98(3), 517-542.
- Oström, E. (1990). *La gouvernance des biens communs : pour une nouvelle approche des ressources naturelles* (éd. traduction française 2010). Paris : De Boeck.
- Perry, W. G. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme* (éd. 1998). San Francisco: Jossey Bass.
- Rey, B. (2005). Peut-on enseigner la problématisation ? *Recherche et formation*, 48, 91-105.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socio-scientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural Studies of Science Education*, 4(3), 657-687.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. Ecological and Economic Foundations. London and Wahsington: Pushpam Kumar, Earthscan.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economist*, 64, 253-260.
- Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.

Annexe 1

Les extraits ci-dessous rapportent trois contributions successives d'un forum à propos de la consommation de viande lors d'une phase préparatoire à l'étude menée ici. Elles illustrent le passage d'une exploration distribuée (contributions 35 et 36 d'un premier participant) à une exploration intégrative (contribution 37 d'un autre participant du groupe) :

Participant A (contribution 35), contribution de type cumulatif qui aborde un thème pour la première fois – ici celui de la transmission de maladies des animaux d'élevage aux humains :

Global animal food production is undergoing a transformation that could lead to a higher risk of disease transmission from animals to humans. "The risk of disease transmission from animals to humans will increase in the future due to human and livestock population growth, dynamic changes in livestock production, the emergence of worldwide agro-food networks and a significant increase in the mobility of people and goods," FAO said in a policy brief (Industrial Livestock Production and Global Health Risks).

Participant A (contribution 36), contribution exploratoire distribuée qui développe les relations de causalité du raisonnement de la contribution précédente – ici en liant l'intensification de l'élevage à la croissance et aux mouvements démographiques :

Moreover, more there is affluence more higher meat consumption is to rise. So, the countries have become more affluent and the world population continues to rise, demand for meat and other livestock products has grown substantially, according to FAO. To satisfy this higher demand for meat products, livestock production and densities have increased, often close to urban centres. Industrial animal production has become more concentrated, using fewer but more productive livestock breeds.[...].

Participant B (contribution 37), contribution exploratoire intégrative qui reformule le problème en intégrant au fil thématique un nouveau questionnement – ici celui de la consommation de viande s'ajoutant au raisonnement sur les conditions de sa production.

The red meat and the cooked meats (charcuteries in French) are accused of favoring certain cancers (in particular that colon cancer), but these products are also sources of vitamins, minerals and proteins. These products are rich in iron and iron would favor the appearance of

nitro compounds, carcinogenic. The contributions of white meats and fish are less rich in iron, and can thus reduce the risk of cancer.

But when we know that the meat consumption can cause dangers on health, should we think about reducing our meat consumption, or should we completely stop thinking about the meat consumption [...]

Argumentation et éducation scientifique à l'école maternelle : quelles médiations langagières ?

Plé, Elisabeth⁽¹⁾

⁽¹⁾CEREP, Université Reims Champagne-Ardenne – France.

Introduction

Les derniers programmes pour l'école maternelle française (M.E.N, 2015) invitent les enseignants à distinguer quatre modalités d'apprentissage (apprendre en jouant, apprendre en réfléchissant et en résolvant des problèmes, apprendre en s'exerçant, apprendre en se remémorant et en mémorisant). La deuxième d'entre elles (apprendre en réfléchissant et en résolvant des problèmes) a fait l'objet de nombreux travaux en didactique des sciences pour l'enseignement à l'école élémentaire ou au collège, mais peu de travaux (Bisault, 2011 ; Coquidé, Le Tiec & Garel, 2007 ; Ledrapier, 2007) ont approfondi cette modalité d'apprentissage pour l'école maternelle.

Ce texte est le fruit d'une recherche de type collaborative avec une visée de faisabilité. Il s'agit ici d'étudier la forme et la fonction d'outils langagiers, en particulier écrits, adaptés à des enfants de 4 à 6 ans pour développer une posture argumentative chez ceux-ci. Les particularités de ces élèves sont qu'ils ne maîtrisent pas les écrits alphabétiques, qu'ils appréhendent le monde à découvrir par l'action, et que leur fonctionnement cognitif est caractérisé par un égocentrisme fort. La situation choisie ici met en jeu un problème explicatif exigeant : « rechercher les raisons qui font que l'eau de la rivière se déplace ». Ce problème convoque un obstacle au sens de Bachelard (1938) du type *primat de la perception* (la pente n'étant pas visible).

Cadre théorique et problématique

Un certain nombre de travaux (Coquidé, 2000 ; Coquidé, Le Tiec & Garel, 2007) se sont centrés sur l'importance de développer un capital expérientiel chez les jeunes enfants sous forme de *familiarisation pratique* avec des objets, des procédés, des rôles, afin de changer leur regard sur le monde matériel qu'ils côtoient et leur donner des premières connaissances d'ordre pratique nécessaires pour envisager des *élaborations intellectuelles* (explications, modélisations, mises en relations, etc.). Par ailleurs, si ces élaborations intellectuelles ne sont rendues possibles que par l'usage d'outils langagiers, leur construction nécessite bien souvent d'être étayée par un retour sur le référent empirique. Cet étayage contribuant à enrichir à nouveau cette base expérientielle (Figure 1). Ce mouvement de va-et-vient entre les deux registres est bien souvent rendu possible grâce à la médiation enseignante. Ainsi, comme l'analysent Bisault & Rebiffé (2011), c'est grâce à un jeu de questions de l'enseignant et d'aménagement de la situation que les enfants vont par exemple passer de la manipulation d'un ballon de baudruche, objet festif avec des couleurs diverses, à la conception du ballon comme un objet contenant de l'air.

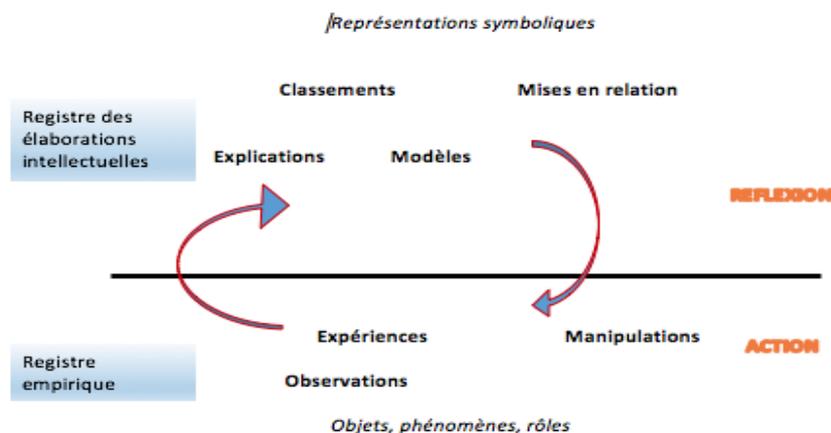


Figure n°1 : Schéma de l'apprentissage se référant aux deux registres (d'après Martinand, 1994)

Mais qu'en est-il quand il s'agit d'aborder des problèmes explicatifs mettant en jeu un obstacle conceptuel pour les élèves ? Dans ce cas, la construction du problème par le groupe-classe, la problématisation (Orange, 2009 ; Lhoste, 2008) n'est pas immédiate et résulte d'un processus qui s'appuie certes sur l'action mais qui exige une perturbation, un déséquilibre en termes de réflexion. Ces mêmes travaux, et d'autres (Howe, 2009 ; Larraín, 2016 ; Schneeberger & Vérin, 2009) ont mis en avant le rôle déterminant des outils langagiers (écrits et débats en particulier) pour amener les élèves à réfléchir, à poser leurs

idées, les confronter, les remettre en question, les faire évoluer. Dans ce type d'activités, c'est en s'appuyant sur le groupe-classe, embarqué dans l'aventure de la recherche d'explication, que se construisent de nouveaux savoirs. Ainsi, ceux-ci sont l'œuvre « d'une communauté scientifique discursive » (Jaubert, 2007) ce qui confère à l'activité scientifique une dimension profondément sociale. Cette dimension sociale est évidemment centrale en école maternelle qui est un lieu par excellence de développement de la socialisation où, selon l'appellation des programmes, il s'agit « d'apprendre ensemble pour vivre ensemble ».

Pour un enseignant, mener ce type de projet nécessite un positionnement épistémologique exigeant qui conduit à revisiter la conception classique des outils langagiers. Les écrits habituellement produits dans une classe (qualifiés d'expositifs) sont dans le registre épistémologique du « vrai ou du faux ». En revanche, ceux mobilisés dans ce type de travail, qualifiés « d'écrits de travail » ou encore « d'écrits instrumentaux », sont dans le registre « du problématique » et sont de nature à développer la capacité argumentative des élèves. Cependant, cette dernière ne s'active pas de manière automatique. Comme le font remarquer Schwartz & Baker (2015), les débats observés en classe sont souvent une « foire aux remarques ou avis », voire de simples discussions à travers lesquelles l'enseignant recherche un consensus. En somme, l'opposé de ce qu'exige la situation d'argumentation où, comme le formule si bien Muller Mirza (2015), il s'agit de « *s'accorder sur les désaccords* ».

La spécificité de l'école maternelle et de ces élèves nous amène à nous poser la question de la particularité du dispositif à mettre en place pour développer une posture argumentative, et bien sûr celle de la forme et des fonctions que peuvent prendre les écrits de travail avec ces jeunes enfants. Olson (1998) fait remarquer que la langue française « ne fait pas la différence entre culture écrite et apprendre la lecture : un seul mot désignant ces deux notions : l'alphabétisme », ce qui peut laisser penser que les autres formes d'écriture n'ont pas la noblesse de l'écrit alphabétique. En même temps, il remarque que les cultures qui ne pratiquent pas un système alphabétique atteignent également un haut niveau de maîtrise de l'écrit, même si ce constat a longtemps été obliéré. Par ailleurs, Olson (*Ibid.*) fait le point sur la conception qu'ont pu avoir divers auteurs (de Rousseau jusqu'à l'émergence de la linguistique moderne avec Derrida et Saussure) concernant « le pouvoir de l'écrit » et constate que celui-ci a souvent été décrié, l'écriture ne serait qu'une « représentation de la parole ». Cette double conception, la prévalence de l'écrit alphabétique sur les autres formes d'écrits, au point de n'entendre que ce type d'écrit quand il s'agit de faire écrire les

élèves, et la subordination de l'écrit à la langue orale, est probablement fortement ancrée chez les enseignants de l'école maternelle. Cependant Goody (1994), grâce à ses travaux d'anthropologie, fait émerger le fait que « l'écriture instaure une différence non seulement dans l'expression de la pensée, mais en premier lieu dans la façon dont celle-ci s'élabore ». La « littératie » que définit Goody (2007) permet de décrire l'ensemble des pratiques et des représentations impliquées par la culture écrite (celle-ci met en jeu aussi bien les objets matériels liés à l'inscription que des objets immatériels impliqués par l'acte d'écrire) n'est pas du même ordre que l'oralité. Ces « technologies de l'intellect », comme les nomment Goody (*Ibid.*), permettent une « interaction entre le cerveau humain et le mot écrit qui est extérieur à l'acteur, d'une manière différente du langage parlé ». Parmi ces instruments il cite le tableau qui selon ses mots « obligent la pensée à prendre une forme binaire ». Et c'est précisément cet outil nommé dans notre travail « tableau de positionnement » qui occupera une position centrale et pour lequel nous analyserons les potentialités chez les jeunes enfants en situation d'investigation. Enfin, Goody (*Ibid.*) met l'accent sur le processus de réflexivité, permis par l'écrit, qui selon sa belle formule permet de faire « rebondir ses pensées entre soi et une feuille de pensée ». Là aussi, nous analyserons la forme et l'usage qui sera fait des « écrits de travail » personnels des élèves pour les maintenir dans une posture de questionnement.

Autrement dit, notre ambition à travers ce travail est de faire que « l'exploration du monde » (appellation actuelle de l'investigation scientifique des programmes de l'école maternelle) se fasse au moyen du « monde sur le papier » comme le désigne Olson (1998). Certes l'écrit n'est pas le seul outil, il s'insère bien sûr dans un processus présenté par la figure 1, où la familiarisation pratique avec les choses et l'investigation empirique sont centrales, mais nous tenterons de montrer son « pouvoir » en complémentarité avec l'oral. Dans le présent chapitre, nous nous limiterons à analyser la production d'écrits par ces jeunes élèves en lien avec le développement d'une posture argumentative et nous ne présenterons pas l'autre volet complémentaire de celui-ci et mis en œuvre en fin de séquence, l'usage des livres pour conforter les éléments de réponses avancées par les élèves. La valeur instrumentale de ces écrits étant fortement dépendante de l'enseignant, nous analyserons également la posture épistémologique de l'enseignante.

Cadre méthodologique

Le travail de coopération entre la chercheuse et l'enseignante est ancien et a fait l'objet de plusieurs travaux antérieurs de co-construction de séquences pédagogiques mettant en jeu des problèmes explicatifs (Plé, 2009). Dans le cas présent, la séquence n'est pas « forcée » (Orange, 2010) dans la mesure où elle est totalement conçue par l'enseignante (choix de la thématique, scénario pédagogique, enchaînement des séances, etc.). La chercheuse s'est limitée à passer commande d'une séquence de classe où l'argumentation est centrale dans le domaine « Explorer le monde des objets et de la matière » mettant en jeu un type d'écrits, « l'écrit de positionnement ». Toutefois, la conception de cet outil est le fruit d'un long travail de coopération entre les deux partenaires et a fait l'objet, dans le passé, de plusieurs séances de travail entre elles (Plé, 2016). La thématique est négociée afin que l'objet d'étude soit suffisamment résistant. Celle choisie met en jeu un obstacle du type « mode de pensée » et relevant du « primat de la perception ». En effet, même si ces jeunes enfants découvrent que la pente d'une surface est susceptible d'entraîner un écoulement d'eau, ils peuvent difficilement transférer cette connaissance pour expliquer l'écoulement de l'eau de la rivière, la pente de celle-ci ne leur étant pas perceptible. L'ensemble des séances (5 au total), réalisé dans une classe de moyenne et grande section, est filmé et les productions écrites des élèves sont collectées. A l'issue de la séquence, l'enseignante est interviewée.

1	Sortie scolaire dans l'environnement de l'école, E1 puis T1
2	A partir de T1, débat autour des raisons qui font couler l'eau, suivi de deux expériences, puis E2.
3	A partir d'une discussion autour de E2, positionnement T2 (flèches vertes), puis investigations empiriques un jour de pluie, suivies de E3 puis T3 (flèches rouges).
4	A partir de T3, nouvelles investigations empiriques en utilisant des cruches d'eau, suivies de E4 puis T4 (flèches jaunes).
5	A partir de T4, recherche documentaire.

Tableau n°1 : Synopsis de la séquence (Ei symbolise un écrit réflexif produit à l'instant i et Tj l'état du tableau à l'instant j)

Lors de la première séance, les élèves de cette classe MS/GS¹ ont observé la rivière qui coule près de l'école. De retour en classe, ils discutent des raisons qui font selon eux se déplacer l'eau de la rivière, une idée émerge : le vent. Ce moment a été précédé d'un temps

¹ Moyenne section et grande section, c'est-à-dire des élèves entre 4 et 6 ans.

réflexif où chacun a dessiné la rivière (E1) et a tenté d'exprimer grâce à une dictée à l'adulte la raison pour laquelle l'eau se déplace. Pour clore la séance, chaque élève inscrit son prénom dans le tableau dit de positionnement (T1) selon qu'il pense ou non, que le vent est responsable du mouvement de l'eau de la rivière.

La deuxième séance débute par un constat de désaccord à partir du tableau de positionnement. L'enseignante invite les élèves à débattre sur les raisons qui, selon eux, font s'écouler l'eau de la rivière. Le débat ne permettant pas de trancher, elle les convie à deux activités de familiarisation pratique. L'une consiste à faire se déplacer de l'eau en soufflant avec des pailles ; l'autre à réaliser la même opération mais en penchant le récipient. La séance 2 se termine par un nouvel écrit réflexif (E2) au moyen duquel chaque élève justifie sa nouvelle position (pente ou vent) pour expliquer ce qui fait se déplacer l'eau de la rivière.

Lors de la séance 3, les élèves sont invités à confirmer ou infirmer leur positionnement dans le tableau (T2). Selon qu'ils confirment ou pas leur positionnement, ils entourent leur prénom en vert ou ils le font migrer dans l'autre colonne au moyen d'une flèche verte. Elle se poursuivra par des investigations empiriques dans la cour un jour de pluie. Celles-ci les amèneront à observer l'eau couler dans différents endroits de la cour ou à rechercher des endroits propices pour simuler une rivière (le toboggan, par exemple). Cette séance se clôturera par un nouvel écrit réflexif (E3) où ils devront indiquer par un mot (pente ou vent) vers quoi ils penchent à la suite de ces investigations. S'ils changent de point de vue, ils feront alors migrer leur prénom dans le tableau (T4) au moyen d'une flèche rouge. La séance 4 se poursuivra sur le même mode, un jour sans pluie, en utilisant des cruches d'eau pour simuler des rivières. L'état du tableau de positionnement T4 en fin de séance 4 est représenté dans la Figure 2. La dernière séance sera consacrée à une recherche documentaire à partir de différents documents, c'est elle qui permettra de trancher en nommant le coupable et en rendant visible la pente.

Les données sont analysées à partir de trois grandes questions :

- quelle est la posture de l'enseignante au cours des différents moments ? (modalités d'intervention dans les débats argumentatifs, type de questions posées lors des dictées à l'adulte pour expliciter les dessins réflexifs, modalités d'intervention au cours des moments d'investigation empirique) ;

- quelle est l'évolution du positionnement des élèves au cours de la séquence ? (relation positionnement/débat, relation positionnement/familiarisation pratique, relation positionnement/investigation empirique) ;
- comment se fait le lien entre les activités proposées et le problème à résoudre ? (difficultés à secondariser, relances de l'enseignante, mises en relation spontanées).

Argumentation : posture épistémologique de l'enseignante et caractéristiques des écrits

Le tableau de positionnement (Figure 2), œuvre collective de la communauté scientifique discursive (Jaubert, 2007), apparaît comme le fil directeur du dispositif, obligeant les élèves à prendre position et à donner un sens aux activités qu'ils mettent en œuvre : faire mouvoir l'eau avec des pailles ou en déplaçant le récipient, modéliser une rivière dans la cour de l'école un jour de pluie en utilisant des tapis de sol ou un toboggan, observer l'eau s'écouler dans la cour en différents endroits, faire couler de l'eau sur le toit d'une maison miniature, dessiner ce qui a été observé, faire une recherche documentaire.



Figure n°2 : Tableau de positionnement dans sa version finale (T4)

Mais d'autres outils langagiers sont mobilisés pour entretenir l'élan argumentatif, d'une part les écrits individuels réflexifs que nous avons désignés des lettres Ei, ainsi qu'un débat argumentatif, des discussions et échanges lors des investigations empiriques.

Caractéristiques des écrits réflexifs individuels

Ces écrits (Figure 3) sont essentiellement de nature graphique. Ce sont des écrits qui restent privés et qui ne sont pas soumis aux interactions avec les autres élèves ; les seules interactions réalisées se font avec l'enseignante qui demande des précisions, ce qui génère des ajouts de la part des élèves ou des mots écrits de la main de l'enseignante (dictée à l'adulte). Leur fort pouvoir réflexif amène les élèves à se concentrer sur les différents

problèmes envisagés et donc contribue à outiller leur capacité argumentative au moment des échanges et débats. Ils sont réalisés à l'issue d'une observation (E1), d'une familiarisation pratique (E2), ou d'investigations empiriques (E3 et E4).



Figure n°3 : Les quatre écrits réflexifs E, E2, E3 et E4 produits par Gabri

Ils possèdent des fonctions réflexives diverses. Tout d'abord, faisant suite à une activité empirique, ils obligent l'élève à prendre une certaine distance par rapport à celle-ci et à se dégager de l'aspect émotionnel lié au vécu toujours très fort chez des élèves de cet âge, et en même temps à se questionner. En effet, ces dessins ne sont pas réalisés pour mémoriser l'activité, la coucher sur le papier, ils sont beaucoup plus que ça. Ils répondent à des consignes qui contraignent les élèves à se poser des questions. C'est ainsi que E1 est produit après que l'enseignante soit revenue sur l'observation effectuée par les élèves - l'eau de la rivière se déplace- et que le vent ait été évoqué comme une des causes possibles de ce déplacement. La consigne est alors : « vous allez dessiner l'eau de la rivière qui se déplace ». Pour l'écrit E2, les élèves sont invités à choisir entre deux expériences (souffler sur l'eau avec une paille, ou pencher une barquette remplie d'eau) celle qui « explique le mieux selon eux pourquoi l'eau de la rivière se déplace ». Ainsi, avec cet écrit, il s'agit pour l'élève de se positionner par rapport aux deux arguments émergents du débat : le vent et la pente. Nous sommes là très près de ce qui est demandé à travers le tableau de positionnement, mais en argumentant la position en s'appuyant sur le référent empirique sans subir, au cours de ce moment, l'influence du groupe. Les écrits E3 et E4 ont quant à eux des fonctions explicatives. Pour E3, il s'agit d'expliquer comment faire une rivière avec un toboggan et pour E4 d'expliquer le circuit d'eau venant du toit (comment l'eau va dans la gouttière, puis dans la cour ?). Outre le caractère réflexif qu'ils impliquent lors de leurs conceptions, ils sont également des écrits pour faire parler (au moment de la dictée à l'adulte qui suit leur élaboration). Ce moment d'échange avec l'enseignante est un nouveau temps réflexif suscitant l'argumentation de l'élève. Enfin, ils gardent en mémoire le facteur

selon eux responsable du déplacement de l'eau (vent ou pente) qui est inscrit sous forme de mot de la main de l'élève.

La position épistémologique de l'enseignante

Les différentes analyses montrent comment l'enseignante négocie les désaccords non pour « traiter » le problème, mais plutôt faire qu'il devienne l'affaire de tous. C'est là toute la différence entre la question de départ : « qu'est-ce qui fait couler l'eau de la rivière ? » et le problème à appréhender en tenant compte de toutes les raisons possibles, y compris celle la moins concevable pour des enfants de cet âge, la pente, puisque celle-ci n'est pas visible... L'analyse que nous présentons est centrée sur le débat de la séance 2. L'enseignante fait d'abord constater, à l'aide du tableau de positionnement, le désaccord des élèves sur les raisons qui font se déplacer l'eau de la rivière (à ce stade la seule raison invoquée est le vent, les élèves se sont positionnés dans le tableau en faveur ou pas de cet argument) puis les invite, selon ses mots, « à travailler ». Elle colle alors le pictogramme symbolisant la discussion, ce qui déclenche chez les élèves l'invitation à débattre (Figure 4).

9. E : mais quand on est allé aux Viennes, on en a pas vu des feuilles ...?
Maddy : j'suis pas d'accord parce que le courant c'est super fort, ça pourrait casser un rocher. J'ai déjà vu du courant qui a cassé un rocher...
10. E : oui
Maddy : vu que des fois y'a pas trop de vent, c'est du vent souterrain
11. E : toi tu penses que c'est pas le vent qui est au-dessus de la rivière qui fait bouger l'eau, c'est du vent qui est en dessous la rivière ?...
Maddy : oui parce que des fois y'a des trous en dessous de la rivière et ça fait des petits tourbillons super forts, ça s'arrête jamais...
12. E : Oui c'est vrai qu'on a vu que l'eau des Viennes ne s'arrêtait jamais. Vous vous souvenez de ça ?
Vivien : Y'a pas qu'il le vent qui peut faire du courant. Y'a aussi la fonction de la rivière (gestes avec les mains), si la rivière est penchée vers là, ça va vers là, ou par là, ça va là...
13. E : elle était penchée la rivière ?
Les autres élèves (en chœur) : non
Vivien : si, un peu là comme ça...
14. E : Ah bon ?
Les autres élèves (en chœur) : non !
Vivien : oui ça penchait comme ça
15. E : vous l'avez trouvé penchée, vous la rivière.

Figure n°4 : Extrait du débat argumentatif de la séance 2

L'analyse du débat (tableau n°2) révèle la posture épistémologique de l'enseignante qui relève du « problématique » (Orange, 2009) favorisant ainsi la capacité argumentative des

élèves. En effet, sans jamais survaloriser un argument d'un élève, en le rendant juste disponible pour que la communauté réagisse au moyen de différentes techniques (la reformulation, le questionnement pour approfondir, l'étonnement, la demande d'explicitation ou encore donner voix au chapitre à une élève en position minoritaire), elle négocie les désaccords. Elle conjugue ainsi deux conditions antagonistes pour développer l'argumentation, susciter des désaccords et favoriser la coopération. Cette posture est fortement aidée par les outils élaborés par l'enseignante et en particulier par ce « tableau de positionnement ».

Modalité d'intervention de l'enseignante	Moment
Pointer un désaccord	1, 17
Inviter ou mettre en exergue une singularité	2, 16
Inviter à argumenter	2, 3
Reformuler l'argumentation	3, 4, 5, 7, 11
S'appuyer sur le tableau de positionnement	1, 6, 17, 18
Questionner pour approfondir l'argument	9, 13, 15
Accueillir un argument	10, 12
Mettre en exergue un élément d'observation	12
S'étonner	14

Tableau n°2 : Modalités d'intervention de l'enseignante au cours du débat

Le tableau de positionnement : la clé de vôûte de l'argumentation

Le tableau de positionnement constitue une sorte de fil rouge permettant aux élèves de garder le cap au cours des diverses investigations. La forme prise en fin de parcours (figure n°2) peut sembler confuse, mais les élèves se repèrent relativement facilement grâce au code de couleur élaboré.

Ce tableau rassemble de manière synoptique l'ensemble du groupe, offrant ainsi une vision de la position de chacun. De ce point de vue, il est un outil privilégié pour favoriser l'argumentation (Plantin, 1996) en jouant à la fois sur l'opposition (Goody, 2007) et la coopération. Pour l'enseignant, il est un outil de négociation des désaccords.

Il joue le rôle d'un moyen de tissage (Bucheton & Soulé, 2009) entre les activités. Par exemple, c'est à partir de celui-ci que l'enseignante met en exergue le désaccord dans la classe et que le débat peut s'installer. A l'issue du débat, constatant que le désaccord est toujours d'actualité et même réactivé, l'enseignante s'appuie sur ce tableau pour inviter les élèves à une autre activité. En collant un pictogramme symbolisant l'expérimentation, elle

envoie un signal connu des élèves pour les entraîner vers autre chose. Il est une aide à la médiation enseignante. A partir de cet outil, l'enseignant peut donner « voix au chapitre » à un élève, même si sa position est minoritaire, faire constater les désaccords et inviter à de nouvelles investigations empiriques. Son usage de manière récurrente permet de reproblématiser la question.

Pour les élèves, le recours régulier à cet outil après des moments empiriques, les engage à se mobiliser sur la recherche d'explications et adopter une posture de « secondarisation de l'action » (Bautier, 2006). Il ne s'agit plus de « faire pour faire », comme sont enclins à procéder beaucoup d'élèves de cet âge, mais faire pour comprendre. C'est un outil interface entre le registre empirique et le registre des élaborations conceptuelles.

Il est évolutif : chaque élève a la possibilité de changer de position ou manifester, le cas échéant, le doute sous forme d'un point d'interrogation. De ce point de vue, il invite les élèves à adopter une attitude de remise en question en les engageant à nouveau dans des débats et des vérifications. Il respecte le rythme des enfants et ne stigmatise aucun d'entre eux.

Conclusion-Discussion

Le tableau de positionnement que nous avons présenté comme la clé de voûte de l'argumentation est un outil à fort potentiel autant pour l'élève que l'enseignant. Son usage pour l'élève est peu exigeant matériellement car il suffit de faire migrer son prénom d'une colonne dans une autre ou de confirmer sa place. En revanche, il est exigeant intellectuellement (Terrail, 2016) car il oblige l'élève à faire le point pour savoir si ce qu'il vient de découvrir dans un contexte différent peut l'amener à changer d'avis sur la question récurrente qui lui est posée à propos de l'écoulement de la rivière. A l'issue de la quatrième séance, une majorité se dégage en faveur de la pente (flèches ou positions jaunes dans T4, figure n°2). On constate en effet que parmi les quinze élèves qui se sont prononcés, 7 ont confirmé la pente et 2 ont confirmé le vent. Quatre nouveaux élèves ont changé de position en faveur de la pente, aucun n'a abandonné cette position pour le vent et deux élèves de la « colonne vent » doutent maintenant de leur explication. Des élèves résistent et doutent encore, ce qui est heureux, car la position épistémologique de l'enseignant n'est pas de convaincre, mais de faire douter, argumenter, rechercher, ne pas privilégier le savoir, mais l'accès à celui-ci. C'est probablement cette posture de chercheur qui amènera les élèves à identifier des indices, justifier des choix, en récuser d'autres au

moment ultime de cette séquence, la recherche documentaire dans des ouvrages illustrés et porteurs de textes auxquels ils n'ont pas accès directement.

Comme nous l'avons vu, d'autres outils écrits aident à la réflexion. Pour chacun des élèves, l'ensemble de ces écrits est relié sous forme d'un livret avec des rubriques. Il constitue le premier livre conçu par l'enfant et donne ainsi sens à d'autres livres auxquels il aura accès dans la médiathèque. Cette « littéracie » au sens de Goody a rendu possible l'exploration d'un monde et l'expression à l'oral de l'argumentation par les élèves. Sans la mise en œuvre des outils écrits, les échanges entre élèves auraient sans doute été moins riches, voire impossibles pour certains. On peut dire qu'ils supportent les débats et de ce point de vue ils sont des facilitateurs d'oral. Mais ils sont bien plus pour le développement des compétences de ces jeunes enfants qui par nature, comme le souligne Giordan (2017), ont tendance à penser que « l'autre est comme soi ». Ils vont permettre de se mettre « à la place du camarade, dans la tête du différent ». Et on peut penser que « apprendre à vivre ensemble » passe par ces moments où l'autre fait douter, remet en question où apporte une alternative ou un soutien.

Enfin ces écrits, qualifiés par Lahire (2009) de « transformateurs cognitifs faisant passer de situations contextuelles, vécues, agies, à une signification extériorisée mettant le réel et le sujet à distance », même s'ils mobilisent peu dans notre cas le code alphabétique (mais en mobilisent d'autres, par exemple le code couleur dans le tableau), développent des attitudes chez l'élève pour « poser sa pensée ». Celles-ci devraient pouvoir se transmettre au moment de l'apprentissage de l'écriture.

Mais le « pouvoir de l'écrit » ne peut s'activer que si la médiation didactique de l'enseignant est favorable. La posture particulière de cette enseignante relevant du « problématique » est le fruit d'un long travail. Pas sûr que ces outils dans la trousse d'un autre enseignant aient la même valeur instrumentale...

Bibliographie

- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bautier, E. (2006). *Apprendre à l'école. Apprendre l'école*. Lyon : Chronique sociale.
- Bisault, J. (2011). *Contribution à l'élaboration curriculaire d'une éducation scientifique à l'école primaire : modélisation des moments scolaires à visée scientifique*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, ENS Cachan.
- Bisault, J. & Rebiffé, C. (2011). Découverte du monde et interactions langagières à l'école maternelle : construire ensemble un objet d'investigation scientifique. *Carrefours de l'éducation*, 2011, HS1, 13-28.

- Bucheton, D. & Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Education & Didactique*, 3(3), 29-48.
- Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris XI, Orsay. 198 pages. [en ligne] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00525838/document>
- Coquidé, M., Le Tiec, & Garel, B. (2007). Exploiter des espaces pour découvrir la nature et les objets, éléments de professionnalité d'enseignants de cycles 1 et 2, *Aster*, 45, 17-28.
- Giordan, A. (2017). Un des fondamentaux de l'école : apprendre à vivre ensemble. En ligne : <https://www.educavox.fr/alaune/un-des-fondamentaux-de-l-ecole-apprendre-a-vivre-ensemble>
- Goody, J. (1994). *Entre l'oralité et l'écriture*. Paris : PUF.
- Goody, J. (2007). *Pouvoirs et savoirs de l'écrit*. Paris : La dispute.
- Howe, C. (2009). Collaborative group work in middle childhood: Joint construction, unresolved contradiction and growth of knowledge. *Human development*, 39, 71-94.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances en sciences. Un exemple en sciences*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.
- M.E.N. (2015). Programme d'enseignement de l'école maternelle. http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=86940
- Lahire, B. (2008). *La Raison scolaire. École et pratiques d'écriture, entre savoir et pouvoir*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Larraín, A. (2016). Argumentación en aula y aprendizaje escolar : develando el potencial de argumentar con otros para comprender conceptos. In. *Apprender con otros*. Santiago de Chile : Ediciones Universidad Alberto Hurtado.
- Ledrapier, C. (2007). *Le rôle de l'action dans l'éducation scientifique à l'école maternelle – Cas de l'approche des phénomènes physiques*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation, École Normale Supérieure de Cachan, Cachan.
- Lhoste, Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Etude de débats scientifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation. Université de Nantes, Nantes.
- Martinand, J.-L. (dir.) (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Muller Mirza, N. (2015). Les paradoxes de l'argumentation en contexte d'éducation : s'accorder sur les désaccords. Analyse d'interactions argumentatives dans un dispositif de formation en psychologie à l'université. Dans N. Muller Mirza & C. Buty, *L'argumentation dans les contextes de l'éducation* (p. 168-195). Berne : Peter Lang.
- Olson, D. *L'univers de l'écrit*. Paris : Retz.
- Orange, C. (2009). La place des activités langagières en classe de sciences : une question de point de vue sur la science. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences*. Lyon : INRP.
- Orange, C. (2010). *Etude des situations « forcées » : quelles méthodes pour les recherches didactiques s'appuyant fortement sur les productions des élèves et de la classe ?* Actes du colloque AREF, Université de Genève.
- Plantin, C. (1996). *L'argumentation*. Paris : Seuil.
- Plé, E. (2009). Consigner des mesures par écrit : un enjeu de taille en maternelle. *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences : Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* (p.79-92). Lyon : INRP.

- Plé, E. (2016). Suivre à la « trace » l'élaboration d'une communauté discursive scientifique scolaire pour apprendre en sciences : une étude de cas en école maternelle. Dans T. Philippot, *Les traces de l'activité. Objets pour la recherche et outils pour la formation*. Paris : L'Harmattan.
- Schneeberger, P. & Vérin, A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences : Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Terrail, J.-P. (2016). *Pour une école de l'exigence intellectuelle. Changer de paradigme pédagogique*. Paris : La dispute.

Comment des élèves de lycée argumentent avec la plateforme LabNbook dans une situation de résolution de problème en immunologie

Seixas Mello, Paula⁽¹⁾, Marzin-Janvier, Patricia⁽²⁾, Manzoni de Almeida, Daniel⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Gnotobiologia e Imunologia (LAGI) – Brésil

⁽²⁾Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, LIG – F-38000 Grenoble, France

⁽³⁾Escola da saúde, Centro Universitário das Faculdades metropolitanas Unidas, FMU-São Paulo – Brésil

Introduction

La finalité de ce travail est de présenter la conception et l'analyse d'une situation d'enseignement basée sur la résolution de problèmes, visant à aborder les dimensions conceptuelle, épistémique et sociale (Kelly & Licona, 2018) que recouvre l'immunologie. En effet, l'immunologie est un domaine scientifique complexe qui pose de nombreuses difficultés d'apprentissage aux élèves. Le défi que nous visons est de rendre cette discipline expérimentale plus attractive, en proposant des activités ayant une finalité sociale. Le contexte de ce travail est une collaboration initiée en 2014 entre des didacticiens des sciences en France et des chercheurs en didactique de l'immunologie au Brésil.

L'objectif de l'étude présentée est de comprendre comment des lycéens français et des étudiants brésiliens de premier cycle médical produisent des arguments pour interpréter des données expérimentales. Pour cela, les élèves sont impliqués dans une situation problème en immunologie qui est implémentée sur la plateforme numérique LabNbook¹. La

¹ LabNbook (<https://labnbook.fr>) est une plateforme numérique qui structure des démarches d'investigation. Elle propose des outils permettant de rédiger un rapport expérimental sous plusieurs modes (texte, schéma,

particularité de cette situation réside dans le fait qu'elle contient une erreur que les élèves doivent identifier et analyser, ce qui va être à l'origine d'une argumentation. Le travail des chercheurs est composé de trois phases : la conception d'une situation d'apprentissage en immunologie et son implémentation sur la plateforme LabNbook ; le test des situations dans deux classes de lycée et à l'université ; l'analyse des arguments rédigés par les élèves lors des différentes étapes de résolution du problème.

Cadre théorique

L'enseignement des sciences a connu d'importants changements depuis le milieu du siècle dernier, intégrant à sa pratique les propositions des théories socioconstructivistes de l'enseignement, en particulier celles liées à l'interactionnisme de Lev Vygostky (1896-1934), qui construisent chez les élèves des compétences sociales et sur le langage scientifique (Kelly & Takao, 2002). Ainsi, l'acquisition de compétences sociales en science, en tant qu'objectifs méthodologiques, est maintenant intégrées dans les programmes scolaires. Dans ce cas, les méthodes dites de pédagogie active doivent intégrer les aspects interactionnels de la science afin que les élèves appréhendent la façon dont les savoirs scientifiques sont construits. Plusieurs études montrent que cette stratégie d'enseignement favorise l'acquisition de connaissances chez les élèves (Buty & Plantin, 2008 ; Schneeberger & Vérin, 2009). De plus, elles décrivent une amélioration des capacités d'observation, de problématisation, de communication, d'évaluation et de proposition de solutions aux problèmes socio-scientifiques en lien avec la vie quotidienne des individus (Magnusson, Palincsar, & Templin, 2006 ; Orange, Lhoste et Orange-Ravachol, 2008). L'immunologie est un domaine de la biologie qui a connu un développement important au vingtième siècle avec des changements paradigmatiques et des développements technologiques considérables concernant la vaccination et les traitements contre les infections du VIH (Hannum, Kurt, & Walser-Kuntz, 2016). Ainsi, l'immunologie est présente dans les discussions et les décisions de la vie quotidienne de chaque citoyen. C'est le domaine des sciences biologiques qui étudie le système immunitaire, ensemble d'organes, de cellules et de molécules distribués de manière diffuse

tableau, protocole). LabNbook permet de proposer de nouvelles activités pédagogiques et offre de nouvelles possibilités de suivi et de collaboration dans le cadre des travaux pratiques, projets tutorés d'exploration, compte-rendus collaboratifs... Dans LabNbook, les enseignants définissent les projets sur lesquels leurs étudiants travaillent.

qui favorisent la communication et les cascades de signaux cellulaires transmis à l'organisme entier par la lymphe et le sang. L'une de ses principales caractéristiques est que le système immunitaire est décentralisé, déplacé, mobile et dynamique (Rumelhard, 1990) pour favoriser l'homéostasie des organismes. Mais en raison de sa complexité, parce qu'elle implique des éléments abstraits en lien avec d'autres domaines du savoir, comme la biochimie et la biologie moléculaire, l'immunologie est souvent rejetée ou associée à des difficultés d'apprentissage chez les élèves (Manzoni-de-Almeida & Trivelato, 2015).

Quant aux pratiques scientifiques de l'immunologie, elles reflètent les caractéristiques du domaine : des connaissances spécifiques sont progressivement intégrées aux expériences, servant d'outil expérimental pour de nouvelles découvertes. Les immuno-essais et plus particulièrement, la méthode ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay-dosage immuno-enzymatique sur support solide) en sont un exemple. Pour comprendre le principe de la technique, l'analyse d'une expérience avec ses caractéristiques nécessite la mise en place d'un raisonnement sophistiqué et abstrait, à partir des données elles-mêmes (Bowen, Roth, & McGinn, 1999).

Dans ce contexte, l'acquisition des compétences de communication et d'argumentation est importante en sciences. En effet, quand ils produisent des arguments, les scientifiques explorent plus que leurs capacités rhétoriques : ils utilisent des données empiriques pour appuyer la validité de leurs résultats et hypothèses, qui sont connectées aux théories. De plus, la production des arguments joue un rôle décisif pour la validation des résultats au sein de la communauté scientifique et au sein de la société en général (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007 ; Kelly & Takao, 2002). Mais la littérature montre que l'acquisition des compétences argumentatives n'est pas spontanée (Dawson & Venville, 2010 ; Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Aussi nous pensons qu'il est crucial de développer un enseignement des sciences qui forme les élèves à argumenter pour défendre et pour justifier leurs idées en sciences. Pour ce faire, nous avons développé plusieurs types d'activités pour l'enseignement de l'immunologie et nous avons observé que ces activités contribuaient à construire de nombreuses compétences scientifiques et expérimentales chez les étudiants (Manzoni-de-Almeida, Marzin-Janvier & Trivelato, 2016). D'autres travaux ont consisté à développer ces activités par le biais d'environnements informatiques (Girault & d'Ham, 2014) qui ont été testées en classe afin d'évaluer la réussite d'activités expérimentales comme la conception expérimentale ou l'analyse de données. Ces travaux ont en particulier montré qu'il était possible de proposer ce type d'activités aux élèves à conditions de les étayer (Marzin-Janvier, 2015).

Ainsi, notre but est ici de développer une activité qui donne aux élèves l'opportunité d'expérimenter des aspects fondamentaux de l'immunologie dans une classe. Nous proposons une activité qui a été appliquée sous deux formes : papier-crayon et avec une plateforme numérique. Dans cette proposition, les étudiants doivent répondre à la question de savoir si le sérum hyper immun utilisé par un chercheur fictif est capable de neutraliser le venin d'un serpent. La séquence a pour objectif de comprendre comment les élèves argumentent pour répondre aux questions de recherche proposées.

Dans son ouvrage, Toulmin (2003) met en parallèle la logique de l'argumentation avec la pratique discursive dans le domaine du droit. Ainsi, Toulmin propose une structure d'un argument écrit ou parlé qui doit contenir les éléments structurants suivants : le passage entre les données (D) constituées des faits mobilisés et la conclusion (C) est autorisé par des garanties (G), appuyées sur un fondement (F), qui peuvent être qualifiées (Q) ou réfutées (R). Le schéma argumentatif de Toulmin constitue un bon système d'analyse pour faire des inférences sur la structure d'un argument. Sur la base de cette caractéristique, plusieurs études en didactique des sciences utilisent le schéma de Toulmin afin d'analyser la structure des arguments construits par des étudiants engagés dans des pédagogies actives d'enseignement scientifique (Erduran, Simon & Osborne, 2004 ; Kelly, 2008 ; Kelly & Takao, 2002). Cependant, certaines études font état de difficultés à utiliser le schéma de Toulmin (Erduran *et al.*, 2004). C'est pourquoi certains auteurs proposent des adaptations pour l'analyse de la qualité des arguments dans leur contexte (Zohar & Nemet, 2002). Pour compléter cette analyse, nous utilisons ici la taxonomie bidimensionnelle de Bloom (Anderson, 1999) qui définit des objectifs pédagogiques basés sur deux définitions du domaine du savoir. La première traite du savoir en tant que produit, c'est-à-dire en tant que contenu assimilé. La seconde définit la connaissance comme des processus cognitifs qui définissent la capacité de se souvenir de l'information assimilée. Ainsi, Bloom et ses collaborateurs définissent deux dimensions appelées « Dimension de la Connaissance » (la connaissance comme produit) et « Dimension du Processus Cognitif » (la connaissance comme processus). Chaque dimension comporte des catégories distinctes (Anderson, Krathwohl & Bloom, 2001), situées dans une position hiérarchique, de sorte que l'enseignant peut adapter les objectifs pédagogiques à son propre contexte. Chacun de ces objectifs est placé dans un tableau qui relie les deux dimensions. Nous utiliserons ici la taxonomie bidimensionnelle de Bloom comme outil pour analyser le contenu des arguments pré-identifiés selon le schéma argumentatif de Toulmin.

Nos questions de recherche sont les suivantes : les apprenants impliqués dans une situation d'investigation en immunologie produisent-ils des arguments intégrant les données expérimentales ? Quelles sont la forme et la qualité des arguments produits ?

Méthodologie

Notre recherche est qualitative. Notre objectif est d'analyser l'argumentation des élèves sous deux angles : 1) tout d'abord, nous avons vérifié si les textes produits avec LabNbook sont en cohérence avec le schéma argumentatif proposé par Toulmin (Toulmin, 2003) ; 2) ensuite, nous avons procédé à une analyse du contenu de chaque argument à partir de la taxonomie proposée par Bloom (Anderson, 1999 ; Krathwohl, 2002). Nous avons rassemblé les productions des élèves brésiliens et français, impliqués dans la situation d'apprentissage basée sur l'investigation en immunologie. Les activités ont été conçues selon le degré 1 (Investigation structurée) (Blanchard et *al.*, 2010). Selon ce niveau d'investigation, le problème et la méthode pour le résoudre sont données, et les élèves doivent interpréter les données par eux-mêmes.

Cette situation a été proposée à des lycéens français de terminale S et à des étudiants brésiliens de premier cycle médical. Pour cela, nous avons prévu un modèle pouvant être adapté aux différents contextes d'enseignement et d'apprentissage. Afin de choisir la thématique scientifique de l'activité, nous avons procédé à l'analyse, d'une part, des programmes de lycée d'enseignement général et technologique, en terminale S spécialité sciences de la vie (BO N°8, 13/10/2011) dans la partie « corps humain et santé - le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire », pour la France, et, d'autre part, d'un manuel d'immunologie utilisé couramment dans les universités brésiliennes (Abbas, Lichtman & Pillai, 2008). A partir de ces analyses croisées, nous avons sélectionné la thématique commune « spécificité d'anticorps » liée expérimentalement au test ELISA appliquée à la production de venin de serpent. Le problème posé était le suivant : « Est-ce que le sérum utilisé par un chercheur est capable de neutraliser le venin de la vipère *Vipera berus* ? ». Par la suite, nous avons présenté aux étudiants des tableaux de données indiquant i) le nombre d'animaux vivants et morts après injection avec différentes dilutions de venin de serpent, afin d'obtenir la dose létale médiane (DL50) ; ii) l'évaluation de la neutralisation de la toxine du serpent par un sérum hyper immun ; iii) le dosage ELISA in vitro pour évaluer la reconnaissance antigène par le sérum hyper immun.

Nous présentons maintenant la structuration des activités. Afin d'obtenir des arguments écrits plus proches de la description du schéma argumentatif de Toulmin (Toulmin, 2003), nous avons tout d'abord demandé aux élèves de représenter graphiquement les données. Ensuite, nous leur avons proposé une série de questions auxquelles ils devaient répondre et justifier par un texte. Enfin, nous leur avons demandé de proposer eux-mêmes une expérience complémentaire pour obtenir une thérapie plus efficace contre le venin. Les étudiants avaient également à leur disposition des ressources présentant le principe du test ELISA in vitro et la technique d'acquisition du sérum hyper immun. Nous avons transposé l'activité sur la plateforme LabNbook, sur laquelle les données et des ressources ont été mises à disposition des élèves. Grâce à la plateforme, les élèves peuvent créer des Labdocs (productions d'apprenants avec la plateforme LabNbook) sous forme de textes, de dessins ou schéma et de jeux de données. Nous avons proposé la même activité en papier-crayon avec les mêmes consignes et les mêmes ressources que celles proposées sur LabNbook. Chaque étudiant était inscrit dans LabNbook avec un login et un mot de passe, comme les professeurs associés. Pour effectuer l'analyse épistémique des arguments, nous avons mis en parallèle les définitions de la dimension connaissance de la taxonomie de Bloom (Anderson, 1999) avec les objectifs d'apprentissage visés par notre activité. Les deux définitions de la connaissance de Bloom permettent d'établir une liste des objectifs pédagogiques à créer en faisant la distinction entre contenu (la connaissance à rappeler) et processus (la capacité à rappeler). Ainsi, nous avons adapté la taxonomie (Anderson, 1999) à notre activité. Pour retrouver les principaux concepts de l'activité (second encadré, Fig. 1), nous avons proposé un problème scientifique décrit dans le premier encadré.

<p>QUESTIONS PROPOSEES AUX ELEVES</p> <p>Est-ce que le sérum utilisé par le chercheur est capable de reconnaître expérimentalement les antigènes de venin de serpent ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • dose létale médiane (LD50) • nombre de souris vivantes et mortes après injection à des souris d'un échantillon de venin + sérum immun <p>Est-ce que le sérum utilisé par le chercheur est capable de neutraliser expérimentalement les effets toxiques du venin de vipère ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le test immuno-enzymatique ELISA
<p>CONCEPTS IMPLIQUES DANS L'ACTIVITE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaissance antigène-anticorps et neutralisation • Spécificité antigène-anticorps • Production de sérum hyper immun • Test ELISA • Concentration d'une solution • Représentation des données • Utilisation de la plateforme numérique

Figure n°1 : Situation-problème et données dans l'activité sur la spécificité des anticorps et principaux concepts impliqués dans l'activité

A partir des principaux concepts de la figure 1, nous présentons dans le tableau 1, les objectifs interactionnels à l'interface entre deux dimensions : Connaissances et processus cognitifs selon la taxonomie Bloom (Anderson *et al.*, 2001). Les objectifs sont catégorisés selon les deux dimensions de la taxonomie de Bloom connaissance et processus cognitif. En texte noir sur gris, sont surlignés les objectifs à rechercher dans les textes produits après l'activité d'apprentissage papier-crayon et en texte blanc sur grisé, les objectifs recherchés dans les textes produits après l'activité réalisée via LabNbook. Les autres objectifs sont communs aux deux modes. Ce cadre nous permet de formaliser une analyse épistémique des arguments selon le schéma argumentatif de Toulmin.

Dimension connaissance	Dimension processus cognitif					
	Mémoire	Compréhension	Application	Analyse	Evaluation	Création
Factuelle	1. Se rappeler que le sérum hyper immun est capable de reconnaître et de neutraliser le poison, sachant que chaque sérum est lié de façon	2. Comprendre qu'un poison de serpent peut tuer des organismes, en déduire que la neutralisation du poison est nécessaire pour le protéger.	3a. Appliquer les connaissances acquises à partir de l'analyse des données pour construire ses propres explications, établir des liens entre les données, les conclusions et les garanties pour rédiger un argument.	4. Analyser le problème et l'activité, en faisant des distinctions et organisant des étapes pour répondre aux questions.		

	spécifique à un venin.		3b. Appliquer les connaissances acquises à partir de l'analyse des données pour construire ses propres explications sur LabNbook, établir des liens entre les données, les conclusions et les garanties pour rédiger un argument.			
Conceptuelle	1. Se rappeler qu'un poison de serpent contient certains antigènes protéiques, reconnus par des anticorps à haute spécificité, reconnaissant ce principe comme la base de la production de sérum hyper immun.	2. Comprendre comment fonctionne la neutralisation du poison par les anticorps, en comparant les données expérimentales avec les concepts théoriques et en expliquant les caractéristiques théoriques et expérimentales.	3. Appliquer les connaissances théoriques sur la spécificité des anticorps, la production de sérum hyper immun/test Elisa, en établissant des relations entre les informations théoriques et expérimentales.	4. Analyser le problème, en organisant les étapes nécessaires pour répondre aux questions.		
Procédurale	1. Se rappeler la méthode de dosage Elisa, rappelant les principes techniques qui permettent de déterminer la concentration des protéines en solution.	2. Comprendre pourquoi la variation de concentration de venin et d'anticorps est important pour les réactions <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> , et inférer que les effets dépendent des concentrations des substances.	3a. Appliquer des préacquis pour représenter les données et envisager plusieurs voies pour extraire les informations pertinentes pour l'analyse. 3b. Utiliser les fonctionnalités de LabNbook pour représenter les données et envisager plusieurs voies pour extraire les informations pertinentes pour l'analyse avec la plateforme.	4. Analyser les informations à partir des données, en distinguant le degré d'information qui peut être extrait par chacun d'eux.	5. Evaluer la consistance des preuves obtenues après analyse des données, en vérifiant leur impact sur la production d'une conclusion.	6. Créer un nouveau protocole expérimental, proposer de nouvelles expériences pour répondre à de nouvelles hypothèses pour répondre au problème posé.
Métacognitive	1. Se rappeler que les graphiques et les tableaux peuvent être utilisés pour représenter les données, reconnaître les informations issues de la relation entre l'axe de la courbe et l'analyse du test ELISA.	2. Comprendre la proportion entre la quantité d'anticorps nécessaire pour neutraliser une quantité d'antigène et en déduire une conclusion valable dans une analyse graphique.	3a. Utiliser ses connaissances mathématiques acquises précédemment, en réalisant des tâches supplémentaires dans l'activité. 3b. Utiliser ses connaissances mathématiques et en numérique acquises précédemment, en réalisant des tâches supplémentaires dans l'activité avec LabNbook.			

Tableau n°1 : Objectifs structuraux stabilisés à partir des concepts principaux de l'activité "spécificité anticorps"

Résultats

Nous présentons ici l'analyse des arguments produits dans les rapports des élèves. La figure 2A présente l'analyse des arguments produits dans les rapports LabNbook (10 rapports codés E1 à E10) et la figure 2B ceux produits en mode papier-crayon (4 rapports codés G1 à G4).

Suite à l'analyse des arguments conformément au schéma argumentatif proposé par Toulmin (2003), nous avons observé que sur la plateforme LabNbook tous les élèves, sauf un, ont proposé au moins un argument composé de 3 éléments de base (D, C et G) et que 8 élèves développaient des arguments plus complexes (Figure 2A). La figure 2B montre que sur tous les rapports analysés, trois proposent des arguments contenant les éléments de base.

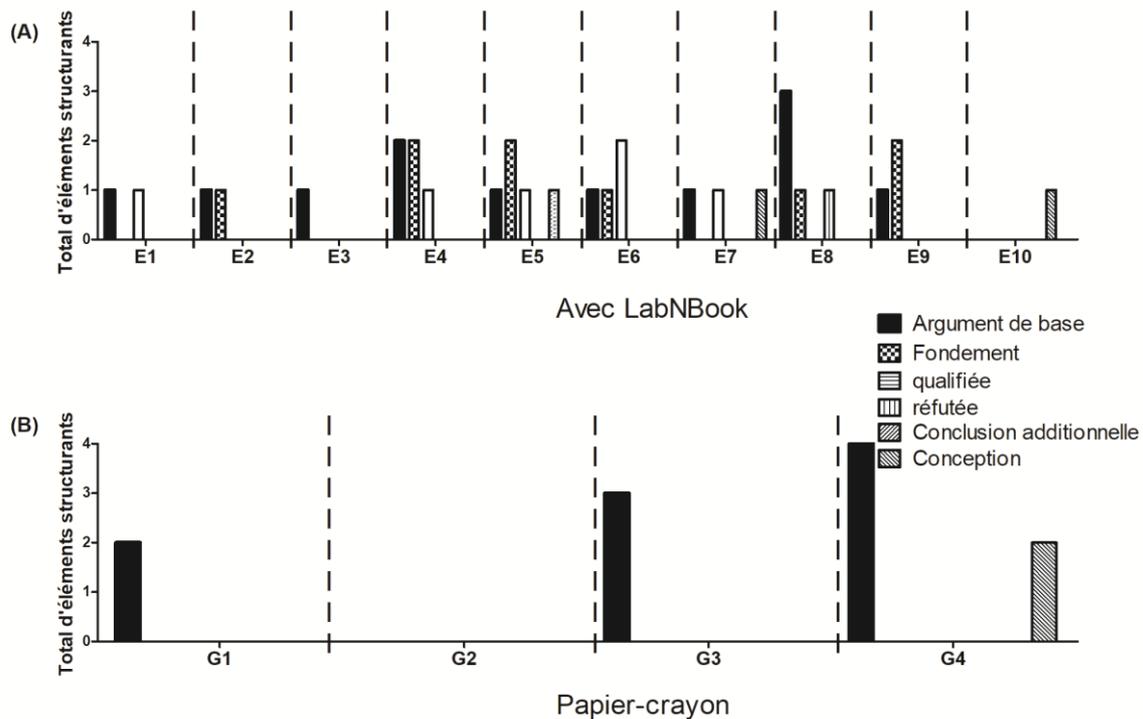


Figure n°2 : Types d'arguments présents dans chaque rapport selon le schéma de Toulmin

La figure 3 ci-dessous décrit plus précisément le schéma argumentatif produit dans le rapport E4. L'élève commence par la description d'une donnée extraite des tableaux fournis dans l'activité et conclut que le sérum hyper immun contre *Vipera berus* n'est pas capable de neutraliser le venin des *Bothrops jararaca*. L'élève note que le venin de vipère est différent de celui du serpent jararaca, qu'il utilise comme une garantie pour la conclusion.

Nous avons donc ici une structure identifiée par DGC. Le texte qui suit renforce la garantie sur la base de deux informations supplémentaires issues des connaissances théoriques en immunologie (fondements), et représenté figure 3. Nous les avons appelés B1 et B2, parce que nous les avons trouvés à plusieurs reprises. Ensuite, nous avons trouvé une deuxième conclusion (C2), générée par l'inférence logique de la relation entre l'analyse des données et les connaissances théoriques. Enfin, l'élève propose une nouvelle idée expérimentale afin de mettre au point une thérapie efficace contre le venin. Nous l'avons classée comme un qualifier (Q) car c'est une condition particulière qui appuie la validité de l'argument.

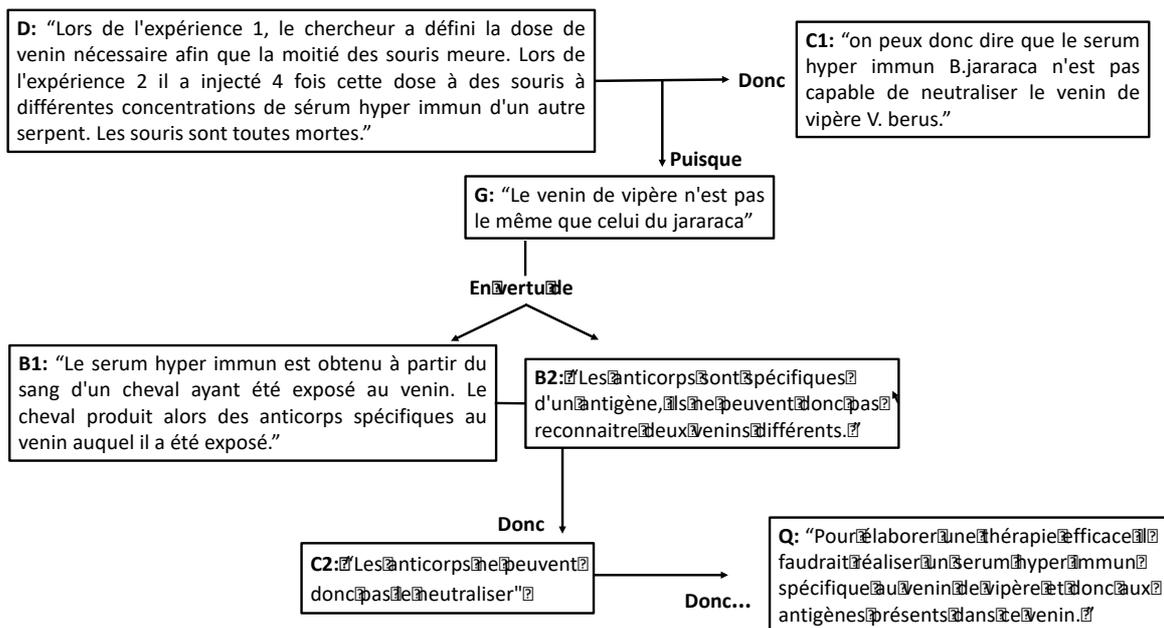


Figure n°3 : Schéma argumentatif proposé dans le rapport E4

Selon Latour et Woolgar (1986), l'écriture scientifique se caractérise par des mouvements rhétoriques allant du contexte expérimental vers les grandes théories abstraites. Nous nous sommes donc demandé quel genre d'information les élèves allaient utiliser pour construire leurs conclusions. Vont-ils préférer un type d'argument particulier ? Vont-ils généraliser à partir des données expérimentales ?

Pour répondre à ces questions, nous avons défini les objectifs d'apprentissage selon deux définitions : la connaissance comme contenu et comme processus cognitif, selon la taxonomie de Bloom (Anderson, 1999). Nous avons choisi de focaliser notre analyse sur des extraits qui suggèrent une autonomisation des élèves en utilisant les deux cadres présentés plus haut. Pour ce faire, nous proposons des objectifs dans les quatre catégories hiérarchiques (Krathwohl, 2002) dans la dimension connaissance (colonne verticale) de la taxonomie de Bloom. La recherche en immunologie consiste à convertir des données

expérimentales en modèles, ou à valider des modèles pré-existants. Cependant, l'enseignement en immunologie se fait à partir du modèle plutôt qu'à partir des données. Pour cette raison, nous pensons que les élèves ont l'habitude de raisonner à partir de modèles plutôt qu'avec des données expérimentales. Ainsi, nous avons catégorisé les objectifs d'apprentissage liés au modèle et à la théorie dans les deux premières catégories (connaissances factuelles et conceptuelles), pour finalement définir les objectifs de connaissance procédurale où nous avons placé les extraits dans lesquels les étudiants ont fait référence au contexte expérimental. Dans la catégorie métacognitive, nous avons défini des objectifs liés aux capacités interdisciplinaires, en particulier ceux liés au dessin, à la compréhension et à la mention des tableaux, que nous associons aux mathématiques.

Le tableau 2 présente quelques extraits du rapport E4. Nous avons caractérisé, dans ce rapport, des extraits qui correspondent aux catégories « mémorisation », « compréhension », « application » et « analyse » appliquées à la dimension processus cognitif, en consonance avec les catégories « factuelle » et « conceptuelle » de la dimension connaissance. Les résultats de ce rapport semblent suggérer que les élèves ont davantage de facilités à concevoir les différents niveaux de la dimension du processus cognitif quand ils travaillent sur des modèles basés sur des explications théoriques.

A l'inverse, pour les extraits classés dans la catégorie procédurale, nous avons identifié une concordance avec le processus cognitif : « compréhension », « analyse » et « évaluation ». Nous n'avons pas trouvé dans le rapport E4 un seul extrait qui aurait pu être classé dans l'objectif à l'intersection entre les catégories « procédurale » et « application ». Ce qui suggère que les élèves n'ont pas utilisé les données issues du test ELISA pour étayer leurs conclusions.

Dimension Connaissance	Dimension processus cognitif (Objectifs présents dans le rapport E4)					
	Mémorisation	Compréhension	Application	Analyse	Evaluation	Création

Factuelle	“les anticorps sont spécifiques à un antigène”	« L'expérience 1 nous montre qu'il y a une dose de venin à partir de laquelle les souris commencent à mourir en plus grande quantité »	Arguments construits sur la plateforme LabNbook en lien avec cet objectif	“L'expérience 1 nous montre qu'il y a une dose de venin à partir de laquelle les souris commencent à mourir en plus grande quantité. L'expérience 2 sert à mettre en évidence si le sérum hyper immun B. Jaraca est capable de neutraliser le venin de vipère V. berus.”		
Conceptuelle	“ces anticorps ne sont pas spécifiques aux antigènes du venin de vipère V. berus.”	“ On peut donc dire que le sérum hyper immun B. Jaraca n'est pas capable de neutraliser le venin de vipère V. Berus ”	“les anticorps sont spécifiques à un antigène”	“L'expérience 1 nous montre qu'il y a une dose de venin à partir de laquelle les souris commencent a mourir en plus grande quantité. L'expérience 2 sert à mettre en évidence si le sérum hyper immun B. Jaraca est capable de neutraliser le venin de vipère V. berus.”		
Procédurale		“même en ayant une très grande quantité de sérum hyper immun dans leur corps”	“L'expérience 1 nous montre qu'il y a une dose de venin à partir de laquelle les souris commencent à mourir en plus grande quantité. L'expérience 2 sert à mettre en évidence si le sérum hyper immun B. Jaraca est capable de neutraliser le venin de vipère V. Berus.”		“On constate que toutes les souris meurent” “ On peut donc dire que le sérum hyper immun B. Jaraca n'est pas capable de neutraliser le venin de vipère V. Berus ” “même en ayant une très grande quantité de sérum hyper immun dans leur corps”	
Métacognitive						

Tableau n°2 : Analyse des arguments de l'élève E4 selon la taxonomie de Bloom

L'analyse des dix rapports produits avec la plateforme LabNbook montre un comportement similaire pour les étudiants. Nous avons classé les extraits obtenus à partir des arguments rédigés par les étudiants qui ont réalisé l'activité sur (A) LabNbook (10 rapports) et (B) papier crayon (4 rapports). Elle montre que la majorité des objectifs identifiés dans les catégories processus cognitif correspondent aux catégories « factuelles » et « conceptuelles » de la dimension Connaissance. Nous avons caractérisé moins d'extraits dans la catégorie « procédurale » de la dimension Connaissance (Figure 4). Ceci valide notre hypothèse selon laquelle les élèves ont davantage de difficulté à concevoir les connaissances de la catégorie « procédurale » par rapport aux catégories « factuelle » et « conceptuelle » qui sont mieux représentées. Pour la catégorie « métacognitive » de la dimension Connaissance, nous n'avons identifié que deux objectifs, l'un dans la catégorie « mémorisation » et l'autre dans la catégorie « compréhension » dans la dimension Processus cognitif (Figure 4A). Nous avons identifié, pour les quatre rapports produits en papier crayon (Figure 4B), une majorité d'extraits dans la catégorie « factuelle » qui se reporte aux faits. Nous n'avons pas identifié d'objectifs « évaluation » ou « création » dans la dimension du processus cognitif pour ces élèves-là.

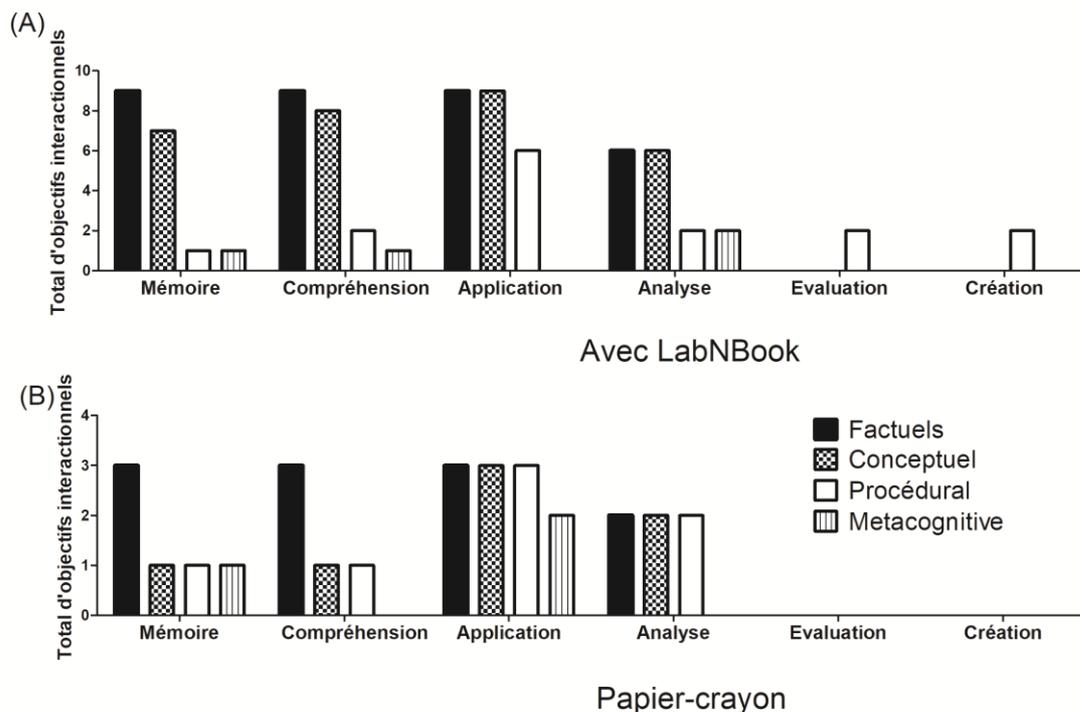


Figure n°4 : Quantification des objectifs répartis dans le tableau selon la taxonomie de Bloom

Nous avons trouvé moins d'épisodes mentionnant les données expérimentales et les techniques que ceux qui se référaient aux aspects théoriques. Ce fait conforte notre idée que les étudiants ont des difficultés à se référer aux données expérimentales. Dans les ressources, nous avons fourni trois ensembles de données concernant : la dose létale médiane (DL50), le nombre de souris vivantes et mortes et les valeurs d'absorption fournies par Elisa. Notre analyse montre que la référence aux données expérimentales concerne uniquement la DL50 et le nombre de souris vivantes et mortes. Dans un seul rapport (E3), il est fait référence aux valeurs d'absorbance du test Elisa.

Discussion et conclusion

La situation décrite dans cette recherche a été conçue pour promouvoir les dimensions conceptuelle, épistémique et sociale (Kelly & Licona, 2018) de l'enseignement de l'immunologie. La recherche en immunologie nécessite souvent le recours à l'expérimentation et à des réactifs coûteux. Pourtant, si nous voulons faire connaître la façon dont les connaissances scientifiques sont produites (dimension sociale), il est important de former les élèves aux techniques expérimentales en immunologie. Il est connu que des variations numériques statistiquement faibles entre les groupes expérimentaux peuvent être causées par des facteurs tels que : la portée des instruments, la variabilité génétique ou des facteurs environnementaux. Il est donc important que les étudiants sachent sélectionner correctement les données pour produire des résultats en immunologie (dimension épistémique). Pour ces raisons, nous avons conçu une situation qui engage les élèves dans l'analyse de données expérimentales pour caractériser la spécificité antigène anticorps (dimension conceptuelle). Les techniques expérimentales utilisées dans la situation ont été proposées en classe par des ressources sous la forme de textes et des schémas. Nous pensons que cette stratégie peut être proposée y compris avec des environnements informatiques pour l'apprentissage. En effet, les résultats présentés dans cette étude montrent que l'activité proposée dans deux modalités, papier-crayon et numérique, a favorisé la production d'arguments par les étudiants. En effet, plusieurs rapports incluent des arguments plus complexes que la forme basique (DGC) avec la présence de fondements et qualifiés. La présence de propositions de nouvelles expériences suggère que l'erreur a été identifiée et analysée par les élèves.

Nous notons, cependant, que la plupart des écrits des étudiants sont principalement basés sur des aspects théoriques. Concernant les données expérimentales, les élèves ont

davantage fait référence au nombre de souris mortes qu'aux résultats du test ELISA et ceci quel que soit la modalité de travail. Ceci donne à penser que pour les élèves, il n'est pas nécessaire d'apporter une preuve expérimentale quantitative pour bâtir une argumentation. Cela peut s'expliquer par le fait que, paradoxalement, l'analyse de données expérimentales exige un plus haut degré d'abstraction que la compréhension de modèles théoriques surtout quand les élèves n'ont pas effectué eux-mêmes les expériences.

Nos résultats montrent par ailleurs que certains arguments se trouvent dans les catégories les moins complexes (Figure 44 et Tableau 2). Des travaux précédents ont montré que les élèves ont des difficultés à corréler les données à des connaissances scientifiques (Mello *et al.*, 2019 ; Coquidé, Bourgois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999) comme dans d'autres domaines disciplinaires (Bowen *et al.*, 1999 ; Jiménez-Aleixandre, 2012). Il a été montré que la sélection d'éléments de preuves à partir de données expérimentales est une activité complexe qui n'est pas suffisamment abordée pour qu'il y ait un réel apprentissage ou seulement occasionnellement et de façon magistrale (Jiménez-Aleixandre, 2012). C'est pourquoi nos résultats suggèrent qu'il est important d'engager les élèves, de façon récurrente, dans des situations impliquant des objectifs éducatifs portant sur les dimensions épistémiques et sociales des connaissances. Lors de ces activités, les élèves résolvent des problèmes socio-scientifiques centrés sur l'analyse de données empiriques et en élaborant des arguments à partir de l'utilisation d'une plateforme numérique, qui apporte les étayages adaptés. Un tel type d'activité effectué de façon continue leur fournira l'expérience et les connaissances nécessaires pour mobiliser les différents niveaux du processus cognitif (mémorisation, compréhension, application, analyse, évaluation et création), nécessaires à la construction de compétences scientifiques.

En conclusion, nous observons que ce type de situation construit chez les élèves des compétences scientifiques, comme la recherche de solutions à des problèmes par l'analyse de données obtenues par des techniques couramment utilisées en immunologie. L'utilisation de ressources et l'analyse des données permettent aux étudiants de s'initier aux pratiques scientifiques. De plus, l'analyse des textes produits lors des séquences montre l'émergence de compétences liées à la rédaction d'arguments qui s'apparentent à ceux qui sont mobilisés lors de la communication de résultats scientifiques. Il est intéressant de noter que ce phénomène a été observé dans les deux modalités, avec et sans l'utilisation du numérique. Ces résultats vont dans le sens des préconisations actuelles sur l'enseignement de l'immunologie par le numérique.

Bibliographie

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2008). *Imunologia Celular E Molecular*: Elsevier.
- Anderson, L. W. (1999). *Rethinking Bloom's Taxonomy: Implications for Testing and Assessment*. Columbia: University of South Carolina.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*: Longman.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. doi: 10.1002/sce.20390
- Bowen, G. M., Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1999). Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: Toward a social practice view of scientific representation practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 1020-1043. doi: Doi 10.1002/(Sici)1098-2736(199911)36:9<1020::Aid-Tea4>3.0.Co;2-#
- Buty, C., & Plantin, C. (2008). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : INRP.
- Coquidé, M., Bourgeois-Victor, P., & Desbeaux-Salviat, B. (1999). "Résistances du réel" dans les pratiques expérimentales. *Aster*, 28, 57-77.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133-148. doi: 10.1007/s11165-008-9104-y
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. W. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933. doi: doi:10.1002/sce.20012
- Girault, I., & d'Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526. doi: 10.1007/s10956-013-9481-5
- Hannum, L., Kurt, R. A., & Walser-Kuntz, D. R. (2016). Developing Immunologists: A Role for Undergraduate Education. *Trends in Immunology*, 37(7), 425-426. doi: 10.1016/j.it.2016.03.008
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Science & Education*, 23(2), 465-484. doi: 10.1007/s11191-012-9561-6
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. A. e. G. Duschl, R. E. (Ed.), *Teaching scientific inquiry. Recommendations for research and implementation* (pp. 380). Rotterdam: : Sense Publishers.
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. In M. Matthews (Ed.), *History, Philosophy and Science Teaching. Science: Philosophy, History and Education* (pp. 139-165). Dordrecht: Springer.

- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342. doi: doi:10.1002/sce.10024
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218. doi: 10.1207/s15430421tip4104_2
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. New Jersey: Princeton University Press.
- Magnusson, S. J., Palincsar, A. S., & Templin, M. (2006). Community, Culture, And Conversation In Inquiry Based Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (pp. 131-155). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Manzoni-de-Almeida, D., Marzin-Janvier, P., & Trivelato, S. L. F. (2016). Analysis of epistemic practices in reports of higher education students groups in carrying out the inquiry-based activity of immunology. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 105-120. doi: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p105>
- Manzoni-de-Almeida, D., & Trivelato, S. L. F. (2015). *Elaboração de uma atividade de ensino por investigação sobre o desenvolvimento de linfócitos B*. Paper presented at the X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências Águas de Lindóia.
- Marzin-Janvier, P. (2015). Etayer la conception expérimentale par des environnements informatiques : études en génétique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 87-112.
- Mello, P. S., Natale, C. C., Trivelato, S. L. F., Marzin-Janvier, P., Vieira, L. Q., & Manzoni-de-Almeida, D. (2019). Exploring the inquiry-based learning structure to promote scientific culture in the classrooms of higher education sciences. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 0(0), 9. doi: 10.1002/bmb.21301
- Orange, C., Lhoste, Y., & Orange-Ravachol, D. (2008). Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences. In C. Buty & C. Plantin (Eds.), *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. (pp. 75-116). Lyon : INRP .
- Osborne, J. W., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. doi: 10.1002/tea.20035
- Rumelhard, G. (1990). Le concept de système immunitaire *Aster*, 10, 8-26. doi: <https://doi.org/10.4267/2042/9129>
- Schneeberger, P., & Vérin, A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument*: Cambridge University Press.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62. doi: 10.1002/tea.10008

Enseigner et apprendre la physique-chimie en anglais : l'expérience de Rutherford au lycée

Le Hénaff, Carole⁽¹⁾, Jameau, Alain⁽¹⁾

⁽¹⁾Université de Bretagne Occidentale et Université Rennes 2, CREAD – France

Introduction

L'enseignement en classe européenne d'une DNL, ou discipline non linguistique (Ministère de l'Éducation Nationale, 1992) est également appelé en anglais, et de plus en plus en français, CLIL, c'est-à-dire *Content and Integrated Language Learning* (Marsh, Maljers & Hartiala, 2001). Dans le cadre de notre recherche, qui porte sur ce type de dispositif, nous utiliserons la dénomination CLIL.

Nous présentons dans ce chapitre l'analyse du travail d'une professeure de physique et de chimie au lycée en France, qui enseigne en anglais en classe de seconde européenne. Dans ce type de dispositif, les élèves suivent la plupart de leurs cours de sciences (de physique-chimie, dans le cas que nous travaillons) en français, trois fois par semaine. Ils reçoivent un enseignement complémentaire en anglais une fois par semaine, généralement sur un thème scientifique qui a déjà été traité. Les objectifs de ce dispositif sont, généralement, de permettre aux élèves de renforcer leurs compétences linguistiques tout en travaillant une discipline « non linguistique ».

Nous analysons comment se construit l'articulation entre les savoirs scientifiques et linguistiques pendant ces séances. Nous étudions plus particulièrement comment l'utilisation de certaines ressources en classe est pensée par la professeure pour permettre de travailler des savoirs en sciences et en anglais.

Cadre théorique

De nombreuses recherches ont déjà été produites dans le domaine CLIL. Par exemple, Gajo (2001) a montré que les élèves développent des stratégies d'alternance des langues, qu'il appelle le « code-switching », pour maintenir la communication dans la langue étudiée. Tagnin, Ní Ríordáin et Fleming (2017) ont relevé que ce type de dispositif semblait permettre aux élèves de se sentir davantage autorisés à verbaliser leurs pensées, ce qui les aiderait à davantage progresser dans la discipline étudiée. D'autres recherches, comme celle menée par Maître (2017), avancent l'idée selon laquelle les savoirs disciplinaires seraient mis en arrière-plan par rapport aux savoirs langagiers. D'autres études, en psychologie, ont indiqué que le vocabulaire utilisé au cours des interactions relèverait davantage de la vie quotidienne que des savoirs spécifiques à la discipline étudiée (Auer, 1988 ; Caffi & Janney, 1994). Enfin, un autre point, relevé entre autres par Tardieu & Dolitsky (2012), porte sur la nécessité de développer le travail de conception d'activités (voire de co-intervention) entre les professeurs de langues et les professeurs qui enseignent une discipline autre qu'une langue, par exemple une discipline scientifique.

Nous souhaitons étudier un cas dans une perspective autre que celles déjà développées, au sens où nous centrons essentiellement notre étude autour de la question de la pratique des savoirs travaillés dans les deux disciplines. En effet, les recherches en didactique dans ce domaine qui portent sur l'analyse, i) de données empiriques recueillies en classe et ii) des savoirs en jeu dans ces situations effectives en classe, sont encore très peu nombreuses (Jameau & Le Hénaff, 2018). Par recherches en didactique, nous entendons didactique au sens d'étude de la transmission des savoirs. L'objectif de notre travail est donc d'analyser la progression et l'articulation entre les différents savoirs en jeu, dans l'action effective. À la suite de Sensevy (2011), nous considérons les savoirs comme une puissance d'agir : quelles actions, en conséquence, l'avancée des savoirs permet-elle aux élèves d'effectuer ? Nous situons notre travail dans le cadre de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (Sensevy, 2011 ; Collectif Didactique Pour Enseigner, 2019), qui s'est développée dans le champ des recherches comparatistes en didactique. Nous mobilisons spécifiquement les notions de contrat et de milieu (Brousseau, 1998 ; Sensevy, 2011). Le contrat est un « système stratégique déjà-là », bâti sur des habitudes et des connaissances antérieures, et le milieu est un « milieu-problème », dont les propriétés permettent ou non à l'élève d'activer certaines stratégies pour le résoudre (Collectif Didactique Pour Enseigner, 2019).

Nous allons donc traiter les aspects suivants : quelle est l'utilisation des ressources choisies par la professeure pour permettre l'acquisition, par les élèves, de savoirs en sciences et en anglais sur le modèle de l'atome ? Comment ces ressources sont-elles mobilisées, et leur utilisation réorganisée, en fonction du système contrat-milieu dans la classe et des apprentissages des élèves ?

Méthodologie

Les données sur lesquelles cette étude se fonde ont été recueillies en Bretagne, dans un lycée qui a été un Lieu d'Éducation Associé (LÉA) avec l'Institut Français de l'Éducation entre 2011 et 2015. Une professeure de physique-chimie a fait l'objet d'un suivi, en classe et hors classe, pendant 3 ans. Cette professeure enseigne en partie en classe de seconde européenne, en anglais. Nous avons adopté, dans le cadre de ce recueil de données, plusieurs principes issus de la « valise documentaire » (Trouche, 2014). Cet outil méthodologique permet au chercheur de se constituer une base de données portant sur le travail d'un professeur. Elle doit permettre d'identifier des interactions entre le travail en classe et hors classe (Ball, Hill & Bass, 2005), que Gueudet et Trouche (2008) désignent comme la « face cachée du travail de l'enseignant », qui préfigure l'action didactique, et donne à voir le système stratégique et intentionnel de la professeure. Pour cette étude sur CLIL, nous avons réalisé des enregistrements vidéo et leurs transcriptions, avec des colonnes dans lesquelles apparaissent les tours de parole et les noms des personnes, pour 5 séances. Puis, nous en avons élaboré les résumés et les synopsis. Cette condensation des données nous a permis de repérer des épisodes significatifs du point de vue de nos questions de recherche, dont l'analyse figure dans la partie qui suit.

Analyse du déroulement des épisodes en classe

Avant de procéder à l'analyse des épisodes, nous allons effectuer une analyse épistémique préalable des ressources utilisées lors d'une séance de classe par l'enseignante. Suite à l'analyse épistémique, nous décrirons l'analyse de deux épisodes particuliers que nous avons considérés comme exemplaires du point de vue de nos questions.

Ces ressources sont constituées d'une vidéo et d'un texte à trous. La vidéo¹ en anglais, téléchargée sur Youtube, s'intitule « Atoms, the Clash of the Titans ». L'extrait choisi pour

1 La vidéo est consultable à cette adresse : https://www.youtube.com/watch?v=Gm3p_3Vgejk.

la séance dure environ cinq minutes et se situe à environ 13 min 50 du début de la vidéo. Il porte sur la description de l'expérience de Rutherford, menée en 1909. Outil initialement issu de travaux en didactique des mathématiques (Mercier & Salin, 1988), l'objectif de ce type d'analyse est d'identifier les éléments susceptibles de poser problème aux élèves et de mieux comprendre par la suite ce qui se joue effectivement en classe.

Analyse épistémique de la ressource vidéo

La professeure a choisi de commencer sa leçon par montrer aux élèves une vidéo produite par la BBC et présentée par Jim Al-Khalili, un professeur de physique nucléaire. Il y explique que la matière radioactive émettant des particules α (noyau d'hélium) est orientée vers une feuille d'or très mince devant un écran. Celui-ci est enrichi d'une substance chimique (sulfure de zinc) permettant de visualiser, par un scintillement lumineux, la collision par les particules α . Au bout de quelques minutes, différents points lumineux apparaissent sur l'écran et tous ces points ne sont pas dans l'orientation du faisceau. Après plusieurs années de travaux, Rutherford conclut que les atomes sont essentiellement constitués de « vide » et que le noyau, qui est chargé positivement, concentre la quasi-totalité de la masse de l'atome. Par la suite, il a proposé un modèle « planétaire » de l'atome : les électrons chargés négativement tournent autour d'un petit noyau chargé positivement.

Le début de la vidéo expose les différents travaux réalisés par d'autres scientifiques pour montrer l'existence des atomes. Le commentateur explique que le modèle du « plum pudding » de Thomson, proposé en 1904, n'était pas partagé par la communauté et, par ailleurs, l'existence de l'atome était encore en débat dans la communauté scientifique. Il souligne également que Rutherford a fait la découverte en étudiant le rayonnement α , qui est une forme de désintégration radioactive, à la suite des travaux de Becquerel sur la radioactivité. Cette première partie n'est pas diffusée lors de la séance.

Dans la vidéo, très sombre avec des plans qui s'enchaînent, les résultats s'accumulent sans explication particulière. Des modèles orbitaux d'atomes, des instruments, des flashes, apparaissent au cours de la vidéo : ces éléments présentent également une complexité importante. L'expérience est décrite dans la vidéo mais n'est pas montrée. Seul le modèle de l'atome de Rutherford est présenté avec une animation. Les élèves n'ont jamais entendu parler, dans leurs cours de chimie, de la radioactivité parce qu'elle ne fait pas partie du programme scolaire, ni des propriétés des différents éléments qui sont utilisés pour observer les flux de particules. Nous notons également que la vidéo n'a pas de sous-titres.

Quant aux connaissances linguistiques contenues dans la vidéo, l'homme qui parle a un accent britannique. Il parle à un rythme ordinaire et utilise des phrases aux structures complexes. Il utilise aussi plusieurs temps (présent, passé, conditionnel), et de nombreuses expressions idiomatiques, telles que « ran out of », « a simple-enough task ». On entend de nombreuses occurrences d'un langage spécifique (« alpha particles », « sub-atomic world », « nucleus », « electrons »...). Quelques noms propres sont entendus plusieurs fois (« Manchester University », « Rutherford », « Geiger », « Marsden »), ainsi que de grands nombres (« one tenth of a millionth of a millimeter across », « one in 8,000 alpha particles »...). La variété et la diversité de ces énoncés (noms composés, expressions idiomatiques...) est susceptible de présenter des difficultés de compréhension pour les élèves.

Analyse épistémique du texte à trous

Un texte d'une page, la transcription de ce que dit le commentateur, est distribué aux élèves avant que la vidéo ne commence à être diffusée. Les mots dans les trous du texte ne sont pas tous des mots scientifiques spécifiques, au sens traditionnel du terme. Ces mots sont par exemple « thick », « struck », « steady ». Néanmoins, ils sont essentiels pour comprendre précisément l'expérience.

Dans ce texte à trous, les divers orateurs ne sont pas distingués, entre le présentateur et une voix off, qui apporte des compléments d'explication. Par conséquent, il est difficile de suivre le fil du commentaire. L'enseignante soulignera plus tard dans l'entretien après la leçon que cela constitue une origine possible des difficultés rencontrées par les élèves pour compléter le texte. Certains l'ont lu sans regarder la vidéo et d'autres ont fait le contraire. Pour y remédier, l'enseignante a suggéré que la vidéo aurait pu être visionnée deux fois, et que les élèves n'auraient pu avoir le texte à compléter qu'au deuxième passage. Nous pensons donc qu'il est nécessaire de contextualiser l'étude de Rutherford après celles menées par Thomson et Becquerel sur la radioactivité, afin que les élèves s'approprient « la problématique » de l'étude. Comme dans la vidéo, le texte contient plusieurs temps, de nombreuses expressions idiomatiques et de nombreuses occurrences de mots et expressions scientifiques propres à l'expérience de Rutherford. De plus, le style est très soutenu. Nous émettons l'hypothèse que la densité épistémique (Marlot, 2008) élevée de ces ressources est susceptible de générer des difficultés de compréhension.

Épisode 1 : comprendre une vidéo sur l'expérience de Rutherford

Cet épisode se situe après le visionnage de la vidéo tandis que la professeure introduit une activité de vocabulaire en demandant aux élèves d'expliquer les résultats de l'expérience de Rutherford. Elle leur indique d'abord qu'avant Rutherford, Thomson avait proposé un modèle qui ne faisait pas l'unanimité. Ensuite, elle fait travailler ses élèves sur le texte de remplissage des espaces vides.

17	P	So what did you find in number 1? Who wants to answer? Number 1? Did you get it? Because it was... You didn't? What could it be? If you read the sentence, what could it be? Do you know what is a gold leaf?
18	Élève	No
19	P	What is a leaf?
20	Élève	Feuille
21	P	Yeah, a leaf, what is a gold leaf?
22	Élève	Une feuille d'or?
23	P	Yeah, a leaf made out of gold, something very very... thin. OK so it could be a few atoms what? What is the property of this leaf (montre une feuille de papier)? If you look at its property, it's very thin so we can talk about the thickness. What is the thickness of this leaf? How thick is it? Well it could be just a few atoms thick. It has the thickness of a few atoms. That was the property of the gold leaf that he used. Thick, so it has the thickness of just a few atoms, it was very very thin
24	Élève	Just a few atoms' thick?
25	P	Thick! That's its size! You stop me if there is a problem. So number 2, a movable phosphorescent screen that flashed when... you didn't get this one probably... struck! (écrit struck au tableau) It means that when you have alpha particles that are hitting the gold leaf (mime de percuter sa feuille avec le poing) the phosphorescent screen flashes.

Tableau n°1 : Transcription de l'épisode « size of gold leaf »

Nous remarquons que, dès le premier tour de parole (TP 17), les élèves ne trouvent pas les réponses. La professeure leur demande (TP 23) de deviner le mot « thick » dans la phrase « Gold leaf, beaten till it's just a few atoms.... ». Elle demande ce que signifie « gold leaf » et donne ensuite le mot manquant : « thick ». Nous interprétons ces faits (donner directement la réponse aux élèves, fournir des traductions) comme relevant de l'incapacité des élèves à explorer adéquatement le milieu avec les connaissances dont ils disposent. De plus, le rôle de l'équipement nécessaire au succès de l'expérience, comme la feuille d'or et l'écran phosphorescent, n'est pas expliqué dans la vidéo. Cependant, les premières questions du document à compléter nécessitent une compréhension claire de l'expérience. De plus, la vidéo n'a été diffusée qu'une seule fois. C'est pour cette raison que la professeure aménage le milieu lorsqu'elle prend une feuille de papier, afin d'aider les élèves à percevoir plus facilement les dimensions de l'objet.

C'est donc dans le but d'accélérer le processus de chronogénèse, c'est-à-dire de résolution du problème posé par le milieu, dans le temps du savoir, qu'elle occupe une position topogénétique (Sensevy & Mercier, 2007) élevée. Elle prend à sa charge une partie plus importante du travail sur les savoirs. On pourrait dire que, pour poursuivre une forme de communication en anglais, basée sur un jeu de type « questions-réponses », le travail sur le milieu laisse place à une certaine continuité basée sur un « contrat de communication » (Kewara, 2012 ; Gruson, 2019), soit une habitude de poursuivre la communication dans la langue étrangère, quoi qu'il en soit.

Concernant la deuxième phrase de l'exercice, « a moveable phosphorescent screen that flashed when by radioactive waves », la professeure choisit à nouveau de donner directement la réponse : « struck » (TP 25). Ce choix qu'elle opère est peut-être le résultat de deux difficultés qu'elle aurait identifiées. Premièrement, le mot « when », suivi d'un participe passé, est une structure spécifique de la langue anglaise, qui ne peut être traduite mot pour mot en français. Ensuite, le concept d'onde radioactive, mentionné dans la vidéo à plusieurs reprises, n'a pas encore été étudié par les élèves. De plus, le terme « struck » décrit comment une émission d'ondes, se déplaçant à une certaine vitesse, rencontre un obstacle, l'écran phosphorescent, et le frappe. Les mots « touched », ou « knocked », ou « bumped », par exemple, s'ils avaient été utilisés, n'auraient pas décrit ce phénomène de rebondissement de manière aussi précise (au sens de choc brutal). Cela illustre l'importance de la précision du langage descriptif. En effet, pour comprendre et travailler adéquatement les savoirs scientifiques qui sont en jeu (le phénomène de rebondissement contre la feuille d'or), il s'agit en fait d'apprendre à manier un jeu de langage - forme de

vie (Wittgenstein, 1967), dénommé en TACD comme un « jargon » (Sensevy, Gruson & Le Hénaff, 2019), au sens large du terme, spécifique à un certain objet scientifique.

Épisode 2 : discussion sur la taille des atomes

Par la suite, les élèves sont divisés en groupes de cinq. Lors d'une séance précédente, quatre élèves de la classe avaient été désignés pour jouer le rôle « d'experts », tandis que les autres seraient les « journalistes ». Les experts avaient un texte à lire, en amont de la deuxième séance, sur les atomes. La professeure avait indiqué aux journalistes qu'ils auraient à écrire un article qui rendrait compte de ce qu'ils avaient compris de la « conférence de presse » des experts. Au cours de cette discussion, un élève journaliste, que nous appelons Léo, pose la question suivante à un expert : « What is the size of an atom? »

1	Léo	<i>(lit une question)</i> What is the size of an atom? And euh... her nuuu..cleu
2	Tom	ssss
3	Léo	Nucleus!
4	Paul	I think it's ten... euh... puissance I don't know. Ten puissance minus ten for the atoms. And ten puissance minus fifteenth
5	Léo	For?
6	Paul	For the nucleus

Tableau n°2 : Transcription de l'épisode « Size of an atom »

L'élève expert répond : « I think it's ten... euh... puissance I don't know. Ten puissance minus ten for the atoms. And ten puissance minus fifteenth ». Quel est le problème (milieu didactique) à résoudre, et avec quel système d'habitudes et de connaissances préalables (contrat) ? Premièrement, la réponse donnée par l'élève, qui n'est pas incluse dans le texte, est correcte. En effet, les élèves ont déjà travaillé sur les atomes, leur taille et celle de leur noyau, dans les enseignements du « tronc commun » en français. Cependant, ils n'ont qu'une partie des connaissances « déjà présentes » (le contrat didactique) pour travailler efficacement dans le milieu didactique car ils ne connaissent pas le vocabulaire approprié en anglais. Comme ce travail n'a été fait qu'en français, ils ne sont pas familiers avec l'utilisation des puissances de dix en anglais. C'est pourquoi l'élève utilise un énoncé qui

mélange les deux langues. L'utilisation du français (« puissance ») et d'un mot inapproprié (« fifteenth ») leur permet de répondre. Les élèves alternent les langues afin de résoudre le problème, d'explorer le milieu. Il s'agit d'une stratégie d'alternance des langues, de « code-switching » (Gajo, 2001 ; Tagnin, Ní Ríordáin & Fleming, 2017). Ce faisant, le milieu proposé aux élèves rend nécessaire l'émergence d'un nouveau contrat dans lequel la langue française est utilisée pour compléter les énoncés en anglais. C'est la continuité de la communication, ainsi que cette distance par rapport à l'habitude d'utiliser la langue étrangère, qui leur permet finalement de travailler sur les connaissances scientifiques (la taille de l'atome). Car le milieu proposé aux élèves rend nécessaire l'émergence d'un nouveau contrat dans lequel la langue française est utilisée pour compléter les énoncés en anglais.

Conclusion et perspectives

Nos questions de recherche étaient les suivantes : quelle est l'utilisation des ressources choisies par la professeure pour permettre l'acquisition de savoirs en sciences et en anglais sur le modèle de l'atome ? Quelles sont les conséquences sur le système contrat-milieu dans la classe ?

Dans notre étude, la professeure n'est pas la professeure habituelle d'anglais des élèves, ni celle qui enseigne la physique-chimie en français. Il est particulièrement difficile pour elle d'aménager un système contrat-milieu qui corresponde aux connaissances effectives des élèves, et qui leur permette alors de progresser à la fois en anglais et en physique-chimie pour résoudre le problème posé. L'idée de notre travail n'est pas forcément de caractériser sa pratique en tant que professeure, mais plutôt d'identifier des problèmes que pose la pratique de l'enseignement CLIL, du type de ceux ayant été décrits dans les épisodes.

Dans un dispositif CLIL, le système contrat-milieu est constitué à la fois de savoirs et d'habitudes de travail, en anglais et en physique-chimie, qui peuvent varier sensiblement selon la discipline. Comment caractériser le contrat-milieu pour l'apprentissage de l'anglais, relativement à la physique-chimie ? Un approfondissement, d'un point de vue théorique sur ce qu'est apprendre une langue, des sciences, nous semble encore nécessaire, et fait partie de nos perspectives actuelles de travail.

Lorsque la densité épistémique des savoirs en jeu est élevée, la professeure occupe une position topogénétique haute, afin d'orienter les élèves adéquatement dans le milieu, voire en prenant à sa charge une grande partie de la résolution des questions et de faire avancer

plus rapidement le travail. La position topogénétique haute de la professeure est ici liée à la densité épistémique des savoirs en jeu. Pour aller dans le même sens, quand une partie des savoirs sont connus, nous observons que les élèves peuvent s'émanciper du contrat, si nécessaire, pour résoudre le (milieu) problème.

L'enseignante dit dans les entretiens sa volonté de faire apprendre à ses élèves le vocabulaire scientifique en anglais, au sens classique du vocabulaire scientifique, c'est-à-dire des noms de concepts ou de phénomènes. Comme nous l'avons vu, l'étude des mots dans leur contexte, dans leur propre jeu de langage, est essentielle à la compréhension des phénomènes scientifiques. Le mot « struck », par rapport à son usage dans d'autres contextes, permet de mieux comprendre le phénomène de radioactivité et ses conséquences lorsque l'onde rencontre un obstacle. Comprendre un langage pratique (Collins, 2011), un jargon (Sensevy, Gruson & Le Hénaff, 2019), aide à comprendre une pratique scientifique. Ce sont les usages qui permettent de construire le sens, mais ces usages sont aussi un objet de l'apprentissage : les deux aspects sont à construire en parallèle dans les dispositifs CLIL (Le Hénaff, 2019). Les connaissances scientifiques et linguistiques sont étroitement liées et progressent nécessairement dans les cours CLIL, même si ce n'est pas forcément de manière simultanée.

Suite à ces premiers constats, il semble crucial de souligner que les enseignants de « disciplines non linguistiques », puisqu'ils ne sont pas spécialisés dans l'enseignement des langues, devraient pouvoir bénéficier d'une formation plus spécifique (Duverger, 2007). De plus, Mehisto (2008, p. 113) insiste sur le fait que « de nombreux enseignants ont du mal à mettre l'accent sur les contenus et les langues, ainsi que sur l'intégration transdisciplinaire » : permettre aux professeurs de sciences et de langues de travailler ensemble² pourrait alors représenter un moyen de les soutenir dans leur réflexion, par exemple sur les enjeux épistémiques et de communication dans leurs cours, par rapport à ce que l'on peut observer dans les relations entre la logique épistémique et la logique communicationnelle. La professeure de notre étude poursuit d'ailleurs actuellement ce travail avec nous. La réflexion sur la pertinence du contenu des régulations professorales dans le dispositif CLIL constituera une perspective de travail, avec en parallèle l'idée que

2 Un tel projet a été lancé en 2019 par les auteurs de ce chapitre, le Lieu d'Éducation Associé « PhAnCh » (Physique-Anglais-Chimie), en partenariat avec l'Institut Français de l'Éducation : <http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/les-differents-lea/lycee-dile-et-vilaine-en-reseau-phanch>.

l'appropriation des notions de physique par les enseignants d'anglais contribuerait peut-être à l'enseignement de la physique, et inversement.

Bibliographie

- Auer, J. (1988). A conversation analytic approach to code-switching and transfer. In M. Heller (éd.), *Code-switching: Anthropological and Sociolinguistic Perspectives* (p. 187-214). Berlin : Mouton de Gruyter.
- Ball, D., Hill, H., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching. Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, 29, 14-46.
- Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.
- Caffi, C., & Janney, R. (1994). Toward a pragmatics of emotive communication. *Journal of Pragmatics*, 22(3/4), 325-373.
- Collectif Didactique Pour Enseigner (2019). *Didactique Pour Enseigner*. Rennes : PUR.
- Collins, H. (2011). Language and Practice. *Social Studies of Science*, 41(2), 271-300.
- Duverger, J. (2007) Professeur bilingue de DNL, un nouveau métier. *Le français dans le monde*, 349, 20-21.
- Gajo, L. (2001). *Immersion, bilinguisme et interaction en classe*. Paris : Didier.
- Gruson, B. (2019). L'action conjointe en didactique des langues : élaboration conceptuelle et méthodologique. Rennes : PUR.
- Gueudet, G. & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. *Éducation et Didactique*, 3(2), 7-33.
- Jameau, A., & Le Hénaff, C. (2018). CLIL Teaching in Science : A Didactic Analysis of A Case Study. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 12(2), 21-40.
- Kewara, P. (2012). *Enseignement-apprentissage d'une discipline linguistique et non linguistique à l'école primaire*. Rennes : Université Rennes 2, 403 pages (thèse non publiée).
- Le Hénaff, C. (2019). Apprendre les sciences en anglais dans un dispositif CLIL : apprendre un jargon dans un jeu social. In C. Goujon (éd.), *Actes du 1er congrès international de la TACD* (68-75). Rennes : ESPE-UBO.
- Maitre, J.-P. (2017). L'intégration d'une langue seconde dans l'enseignement des sciences physiques : quels termes pour quels savoirs en tronc commun et discipline non linguistique ?, *Éducation et Didactique*, 1, 81-104.
- Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques. Deux études de ces à l'école élémentaire en découverte du monde vivant*. Rennes : Université Rennes 2, 1148 pages (thèse non publiée).
- Marsh, D., Maljers, A., & Hartiala, A.-K. (2001). *Profiling European CLIL Classrooms. Languages Open Doors*. Finland and Netherlands: University of Jyväskylä and European Platform for Dutch Education.
- Mercier, A., & Salin, M.-H. (1988). L'analyse a priori, outil pour l'observation. *Actes de l'Université d'été Didactique et formation des maîtres à l'École Élémentaire*, 141-163.
- Mehisto, P. (2008). CLIL Counterweights: Recognising and Decreasing Disjuncture in CLIL. *International CLIL Research Journal*, 1(1), 93-119.
- Ministère de l'Éducation Nationale (1992). *Mise en place de sections européennes dans les établissements du second degré*. Bulletin Officiel n°33 du 3 septembre 1992.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble*. Rennes : PUR.

- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. Gruson, B., & Le Hénaff, C. (2019). Épistémologie & Didactique. Quelques réflexions sur le langage et les langues. In C. Chaplier & A.-M. Connell (éd.), *Épistémologie à usage didactique dans le secteur LANSAD* (p. 35-52). Paris : L'Harmattan.
- Tagnin, L., Ní Ríordáin, M., & Fleming, M. (2017). Accessing Science through Classroom Talk when Adopting a CLIL Approach. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (éd.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education (Proceedings of ESERA 2017 Conference)*, 1035-1045.
- Tardieu, C. & Dolitsky, M. (2012). Integrating the task-based approach to CLIL teaching. *Teaching and Learning English through Bilingual Education*, 3-35.
- Trouche, L. (2014). *Documentation valise (ressource en ligne)*. Accédé le 18/04/2018 : http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/documentation-valise/documentation-valise-1.
- Wittgenstein, L. (1967). *Philosophical Investigations* (1997). Oxford: Blackwell.

Troisième partie – Pratique enseignante en classe et hors classe

Le cadre théorique de l'ETM étendu : analyse d'une séquence utilisant la relativité restreinte

Moutet, Laurent⁽¹⁾

⁽¹⁾LDAR, Université Paris Diderot – France

Introduction

La mise en place des nouveaux programmes de sciences physiques en terminale S en 2012 a fait apparaître des éléments de savoir relevant de la théorie de la relativité restreinte. Les notions d'événement, d'invariance de la vitesse de la lumière dans un référentiel galiléen et de caractère relatif du temps (avec l'introduction de la notion de durée propre et du phénomène de dilatation des durées) sont au programme jusqu'à la session du baccalauréat 2020. Les travaux de Walter (1996) illustrent, lors de la description de la genèse de la théorie de la relativité restreinte, l'apport des mathématiciens à cette théorie avec en particulier l'influence de Poincaré et de Minkowski et l'utilisation de diagrammes d'espace-temps. D'un point de vue à la fois cognitif et sémiotique, les travaux de Duval (1993) ont montré que la compréhension d'un concept est améliorée lorsqu'au moins deux registres de représentation sont mobilisés et lorsque les traductions entre registres sont favorisées. Ainsi, un registre sémiotique basé sur les diagrammes nous a paru mobilisable pour des séquences d'enseignement. Les diagrammes de Minkowski (1909a, 1909b), présentés la première fois lors de la conférence de Cologne en 1908, sont intéressants car ils sont associés à la genèse de la théorie de la relativité restreinte. De plus, en parcourant les notions et les compétences exigibles du programme de sciences physiques en terminale S (MEN 2011), on s'aperçoit qu'il n'y a pas d'allusion à l'aspect graphique ; néanmoins la présentation du programme parle de « constructions graphiques » comme un support d'informations possible.

Nous avons émis l'hypothèse qu'une manière de donner plus de sens aux concepts utilisés en relativité restreinte pourrait être de les mobiliser dans le cadre d'espaces diagrammatiques et qu'il serait ainsi intéressant d'évaluer l'impact d'une telle séquence auprès d'élèves de terminale S. Nous nous sommes également inspirés des travaux de Cazes et Vandebrouck (2014) qui ont étudié l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique, GeoGebra, lors d'une séquence visant un apprentissage des fonctions dans un contexte de cinématique classique. Notre étude s'appuiera donc sur ce logiciel afin de représenter et d'utiliser des diagrammes d'espace-temps.

Ainsi, une séquence de classe (Moutet, 2018) a été conçue en utilisant les principes méthodologiques de l'ingénierie didactique décrite par Artigue (1988) : analyses préalables, conception et analyse *a priori*, expérimentation, analyse *a posteriori* et validation. La séquence d'enseignement est destinée à des élèves de terminale S sur le thème de la relativité restreinte à la suite des travaux de de Hosson, Kermen & Parizot (2010).

La conception de notre ingénierie didactique nous a conduit à réaliser des analyses préalables sur les éléments épistémologiques et didactiques associés aux diagrammes d'espace-temps et à la théorie de la relativité restreinte. La conception de séances pilotes et leurs analyses *a priori* et *a posteriori* nous ont amenés à adapter le cadre théorique de l'espace de travail mathématique ou ETM (Kuzniak, Tanguay & Elia, 2016) en ETM étendu (Moutet, 2018) afin d'analyser spécifiquement les interactions entre le plan cognitif et les plans épistémologiques de la physique ou des mathématiques. Une nouvelle séquence a ainsi été conçue puis expérimentée. Les analyses *a priori* et *a posteriori* basées sur l'étude des tâches effectuées par quelques élèves ont ensuite été réalisées. L'analyse *a posteriori* du travail d'un élève sera présentée dans ce chapitre.

Deux questions de recherche ont guidé ce travail :

- comment le cadre de l'ETM étendu permet-il d'analyser les jeux de cadres de rationalité entre les mathématiques et la physique lors d'une séquence traitant de la relativité restreinte avec des élèves de terminale S via une approche géométrique ?
- dans quelle mesure l'analyse de l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique par le cadre de l'ETM étendu permet-elle de montrer qu'il favorise une conceptualisation chez les élèves ?

Présentation du cadre théorique de l'ETM étendu

L'espace de travail mathématique (ETM) a été développé afin de mieux comprendre les enjeux didactiques autour du travail mathématique dans un cadre scolaire (Kuzniak, Tanguay & Elia, 2016). L'ETM comporte deux niveaux : un de nature cognitive en relation avec l'apprenant et un autre de nature épistémologique en rapport avec les contenus mathématiques étudiés. Le plan épistémologique contient un ensemble de représentations (signes utilisés), un ensemble d'artéfacts (instruments de dessins ou logiciels) et un ensemble théorique de référence (définitions et propriétés). Le plan cognitif contient un processus de visualisation (représentation de l'espace dans le cas de la géométrie), un processus de construction (fonction des outils utilisés) et un processus discursif (argumentations et preuves). Le travail mathématique résulte d'une articulation entre les plans cognitif et épistémologique grâce à une genèse instrumentale (opérationnalisation des artefacts), une genèse sémiotique (basée sur le registre des représentations sémiotiques) et une genèse discursive (présentation du raisonnement mathématique). Les différentes phases du travail mathématique associées à une tâche peuvent être mises en évidence par la représentation de trois plans verticaux sur le diagramme de l'ETM. Les interactions de type sémiotique-instrumentale (sem-ins) conduisent à une démarche de découverte et d'exploration d'un problème scolaire donné. Celles de type instrumentale-discursive (ins-dis) privilégient le raisonnement mathématique en relation avec les preuves expérimentales. Enfin, celles de type sémiotique-discursive (sem-dis) sont caractéristiques de la communication de résultats de type mathématique ainsi que d'un raisonnement plus élaboré.

Pour que le travail réalisé sur des résolutions de problèmes en mathématiques soit utilisable en sciences physiques, il convient d'étudier au préalable un modèle d'analyse de processus de conceptualisation mettant en jeu des relations entre processus mathématiques et processus physiques. Un tel exemple de mise en lien a été développé par Malafosse, Lerouge et Dusseau (Malafosse & Lerouge, 2000 ; Malafosse, Lerouge & Dusseau, 2000). Leurs études portaient sur la loi d'Ohm, ce qui explique l'importance qu'ils ont consacrée aux relations algébriques. Ils ont ainsi défini la notion de cadre de rationalité comme un ensemble cohérent du fonctionnement de la pensée culturelle ou familière caractérisé par quatre composantes : l'ensemble des objets « conceptuels », le type de procédé de validation, les éléments de rationalité, qui constituent les règles de traitement et de

validation, ainsi que les registres sémiotiques qui sont supports de la conceptualisation et de la communication.

Dans l'exemple ci-après, trois cadres de rationalité sont étudiés : le cadre de rationalité des mathématiques, le cadre familial et celui de la physique (tableau 1). Des objets conceptuels et des éléments de rationalité ont été explicités à chaque fois.

Exemples d'objets conceptuels et d'éléments de rationalité

	Cadre de rationalité des mathématiques	Cadre de rationalité familial	Cadre de rationalité de la physique
Objets conceptuels	La droite, la croissance, la continuité, l'additivité, la dérivée, le point, etc.	Le chaud et le froid, la lumière, les fées, la peur, le point, etc.	L'énergie, la vitesse, la résistance électrique, l'électron, le point, etc.
Éléments de rationalité	La déduction logique, le raisonnement par récurrence, l'analyse combinatoire, l'infini, etc.	La validation par constat (fréquence de répétition, mesurage sur dessin), la ressemblance, la déduction, etc.)	L'homogénéité des formules, la réfutabilité, la validation par induction, la déduction logique, etc.

Tableau n°1 : Les cadres de rationalité (Malafosse & Lerouge, 2000)

Couplage entre les notions de cadre de rationalité et de registre sémiotique

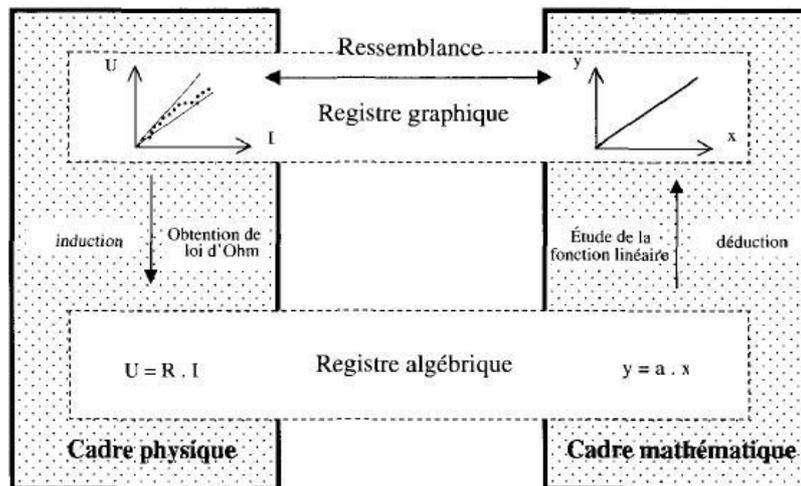


Figure n°1 : Cadres de rationalité et registres sémiotiques (Malafosse & Lerouge, 2000)

La comparaison des processus de conceptualisation entre les mathématiques et les sciences physiques peut être réinvestie à l'aide des notions de cadre de rationalité et de registre sémiotique (figure 1).

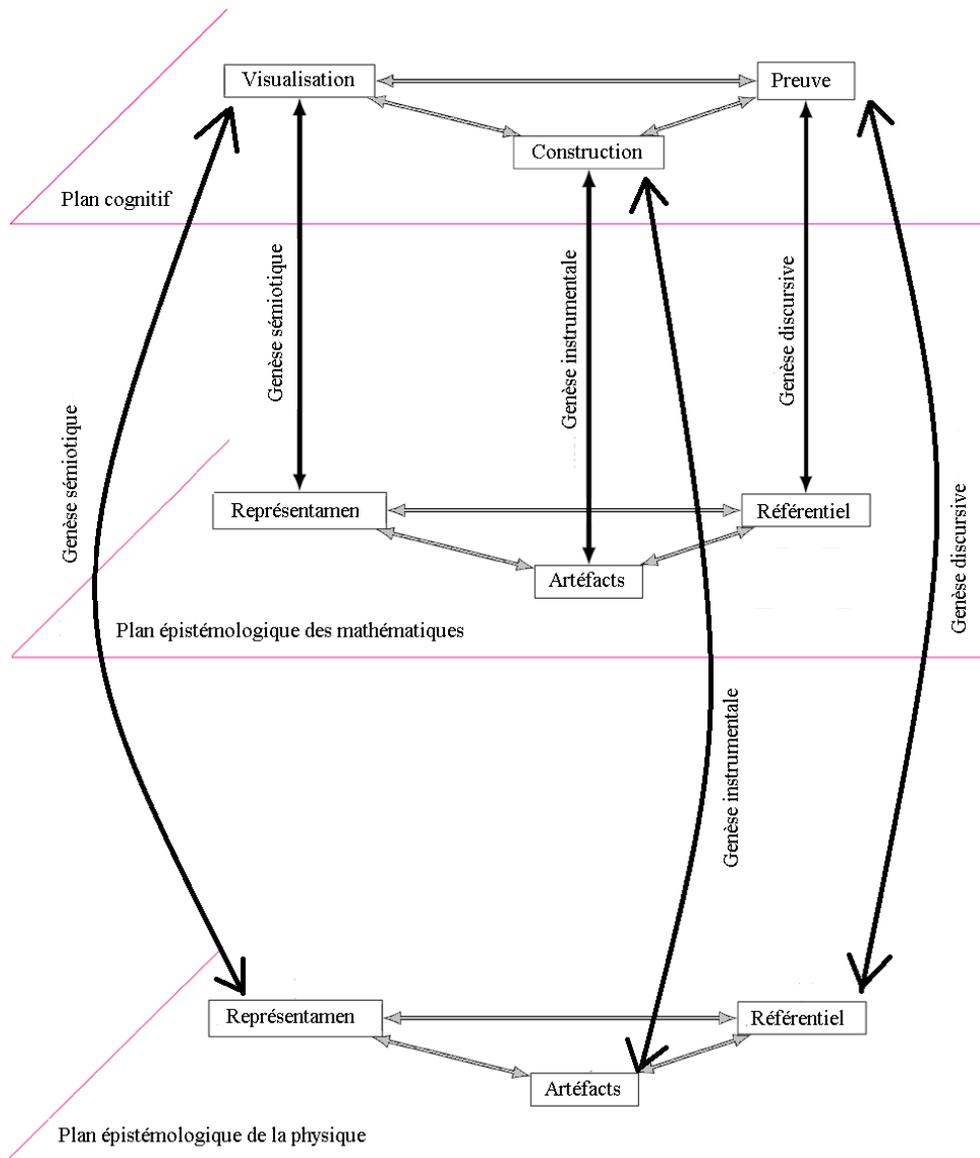


Figure n°2 : Modèle de l'ETM étendu

Le diagramme des ETM a été adapté (Moutet, 2018) en rajoutant un plan épistémologique correspondant au cadre de rationalité de la physique (figure 2). Il a été choisi de ne garder qu'un seul plan cognitif car les spécificités du plan cognitif des deux disciplines en jeu (physique et mathématiques) n'ont pas été particulièrement étudiées dans le cadre de l'étude exposée dans ce chapitre. Le cadre de l'ETM étendu permet d'analyser finement les interactions entre les différents cadres de rationalité et le plan cognitif de l'élève puis de qualifier la nature du travail effectué ou celui qui lui est demandé dans le contexte bien particulier d'une approche diagrammatique de la relativité restreinte. L'ordre des plans n'a pas d'importance, ce sont les relations entre les plans épistémologiques et le plan cognitif, au travers des genèses symbolisées par des doubles flèches verticales, qui sont utilisées ici. Les relations entre les deux plans épistémologiques ne sont pas étudiées dans ce chapitre

ainsi que celles à l'intérieur d'un même plan (caractérisées par des doubles flèches horizontales). Il est probable qu'un seul plan épistémologique « mathématico-physique » soit suffisant pour décrire des tâches scolaires relevant de l'école primaire ou du secondaire. La présence des deux plans épistémologiques deviendrait sans doute plus pertinente en fin d'études secondaires ou dans le supérieur avec des tâches pour lesquelles les deux référentiels théoriques des plans épistémologiques arrivent à être clairement identifiés. Dans cette étude, le plan épistémologique des mathématiques étudié concerne la géométrie euclidienne. Les tâches à réaliser sont associées à la construction de droites, de segments, de symétries parallèlement à une droite, de projections passant par un point et parallèlement à un axe. Le plan épistémologique de la physique est associé à la théorie de la relativité restreinte étudiée en classe. Il s'agit de la notion de référentiel galiléen, d'événement (un point situé sur un diagramme espace-temps et associé à une position x et un temps t), des deux postulats d'Einstein, des notions de durée propre et de durée impropre ainsi que de la relation de dilatation des durées. Les transformations de Lorentz ne sont pas étudiées en Terminale S. Des exemples d'analyses à l'aide du modèle de l'ETM étendu seront précisés dans la suite de ce chapitre.

Du « modèle réel » aux « résultats réels »

Utilisation du cycle de modélisation de Blum & Leiss (2005)

Nous nous sommes basés sur le cycle de modélisation de Blum & Leiss (2005, figure 3) pour analyser une séquence d'enseignement (Moutet, 2018) portant sur le changement d'ordre chronologique d'événements en fonction du référentiel dans le cadre de la relativité restreinte à la suite des travaux de de Hosson, Kermen & Parizot (2010) sur les diagrammes d'espace-temps. Dans ce modèle, issu de la didactique des mathématiques, une « situation réelle » correspond à une situation contextualisée associée à la vie courante. Cela peut être, par exemple, une photo, un texte, une vidéo ou un mélange des trois. L'étape correspondant à la « situation modèle » est aussi décrite par Borromeo Ferri (2006) comme la « représentation mentale de la situation ». Cela correspond à une étape lors de laquelle les étudiants comprennent plus ou moins bien la tâche à réaliser et où ils effectuent une reconstruction mentale de la situation. Il ne s'agit pas uniquement de la description de la situation rencontrée puisque des éléments de savoir commencent à être mobilisés par les étudiants. Le « modèle réel », qui peut être plutôt considéré comme un « modèle idéalisé », est obtenu en idéalisant et en simplifiant les données issues du problème. Cette étape a une

forte connexion avec la « situation modèle », ce qui explique qu'elle soit majoritairement construite à un niveau interne chez l'individu. Une représentation simplifiée de la situation sous la forme d'un schéma, par exemple, correspond à une représentation externe.

Notre étude débute ici par un « modèle réel » (figure 4) puisqu'on retrouve des éléments de simplification de la situation (une seule dimension avec un axe Ox représenté, une route rectiligne, la représentation sur un schéma des deux observateurs et des sources lumineuses S_1 , S_2 et S_3). En revanche, il ne s'agit ici que d'une représentation externe. La représentation interne n'a pas été construite chez les étudiants car le passage de la « situation modèle » au « modèle réel » n'a pas été travaillé. Le « modèle mathématique » est basé essentiellement sur une représentation externe avec un travail effectué sur le plan mathématique et peu contextualisé avec la « situation réelle ». Le diagramme d'espace-temps de Minkowski (1909a, 1909b) permettant de représenter deux repères dans deux référentiels différents se déplaçant l'un par rapport à l'autre à une vitesse proche de la vitesse de la lumière dans le vide, correspond au « modèle mathématique » utilisé dans notre étude. Il sera décrit un peu plus loin dans ce chapitre. Les « résultats mathématiques » correspondent aux résultats obtenus en manipulant le modèle mathématique avec un lien peu marqué avec la « situation réelle ». Cela correspond, dans notre étude, aux relevés de coordonnées temporelles d'événements à l'aide du diagramme de Minkowski. Les « résultats réels » résultent de l'interprétation des « résultats mathématiques » obtenus. Ici, les étudiants pourront conclure sur un ordre chronologique d'événements en fonction des conditions expérimentales. La validation finale des résultats obtenus par les étudiants peut être intuitive ou basée sur des savoirs savants. Cette étape ne sera pas possible dans le cadre de notre étude car, d'une part, les savoirs des étudiants ne leur permettent pas d'avoir un recul suffisant et, d'autre part, les résultats obtenus sont contre-intuitifs puisqu'en fonction des conditions expérimentales une inversion de l'ordre chronologique des événements sera mise en évidence. Finalement, nous avons mis au point ici une séquence pouvant être décrite par un passage du « modèle réel » vers les « résultats réels ».

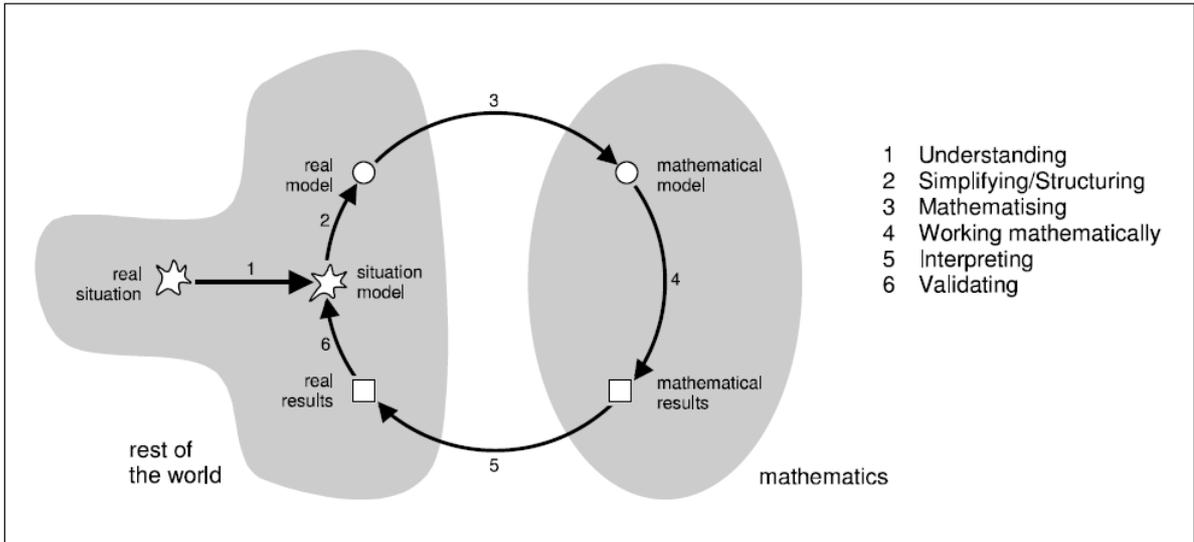


Figure n°3 : Cycle de modélisation de Blum et Leiss (2005)

Description de la séquence

La séquence est destinée à des élèves de terminale S (grade 12). Les notions de relativité restreinte au programme ont été déjà vues en cours et une séance de correction d'exercices du manuel a été effectuée.

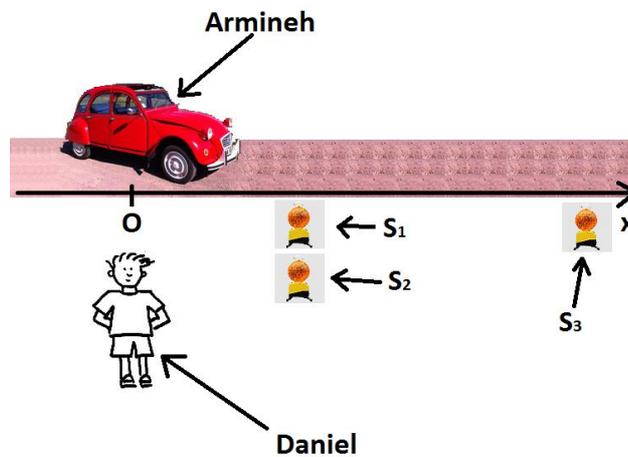


Figure n°4 : Le « modèle réel » de la situation

Deux référentiels liés à deux observateurs, Armineh et Daniel, sont utilisés. Armineh conduit une voiture se déplaçant à une vitesse proche de la vitesse de la lumière par rapport à Daniel. Ce dernier se trouve sur le bord de la route à côté de trois flashes lumineux S_1 , S_2 et S_3 associés à trois événements particuliers E_1 , E_2 et E_3 initialement connus dans le référentiel de Daniel (figure 4, activité détaillée en annexe).

Le diagramme de Minkowski

Le diagramme de Minkowski (figure 5) est un diagramme d'espace-temps permettant de connaître les coordonnées spatio-temporelles d'un événement dans un repère du référentiel d'Armineh ou de Daniel. Ce diagramme permet de représenter le repère $(xOc.t)$ relatif au référentiel de Daniel et le repère $(x'Oc.t')$ relatif au référentiel d'Armineh. Dans ce diagramme, la droite $x = 0$ est décrite par l'axe $(Oc.t)$ dans le repère du référentiel de Daniel. De même la droite $x' = 0$ est décrite par l'axe $(Oc.t')$ dans le repère du référentiel d'Armineh. Les projections sur ce type de diagramme se font parallèlement aux axes. L'axe (Ox') est le symétrique de l'axe $(Oc.t')$ par rapport à la droite $x = c.t$. C'est la même chose pour les axes (Ox) et $(Oc.t)$. Les droites (Ox) ou (Ox') correspondent à la route dans les référentiels de Daniel ou d'Armineh. Il est demandé aux élèves de construire le diagramme de Minkowski à l'aide du logiciel GeoGebra et de faire varier la vitesse d'Armineh dans ce diagramme par rapport à Daniel pour en déduire des résultats remarquables. La voiture conduite par Armineh se déplace initialement à la vitesse v de 0,6 fois la vitesse de la lumière dans le vide par rapport à Daniel suivant un axe (Ox) (**figure 4**). Ce diagramme d'espace-temps a déjà été construit par les élèves et utilisé en classe à l'aide d'une activité papier-crayon guidée par l'enseignant. Le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra conduit, au travers d'une activité dans laquelle les élèves sont en autonomie, à réinvestir le diagramme d'espace-temps de Minkowski.

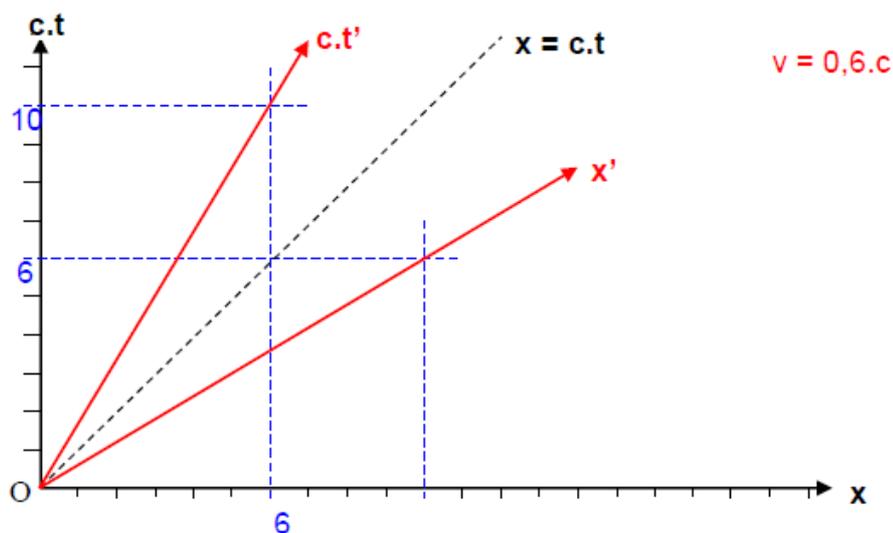


Figure n°5 : Diagramme de Minkowski pour $v = 0,6.c$

GeoGebra permet d'utiliser un curseur modifiant les conditions expérimentales en changeant la vitesse v . Les axes Ox' et $Oc.t'$ sont modifiés en fonction de la vitesse v , ces

deux axes se rapprochent de la droite $x' = c.t'$ lorsque la vitesse v se rapproche de c . Les droites $x = c.t$ et $x' = c.t'$ sont confondues. Elles correspondent à la traduction graphique du second postulat d'Einstein (invariance de la vitesse de la lumière dans des référentiels inertiels) car elles sont les bissectrices des angles formés par les axes Ox et $Oc.t$ ou par les axes Ox' et $Oc.t'$. Le logiciel GeoGebra permet aux élèves de conclure sur l'ordre chronologique des événements suivant les référentiels d'Armineh ou de Daniel (figure 6 et lien hypertexte en annexe).

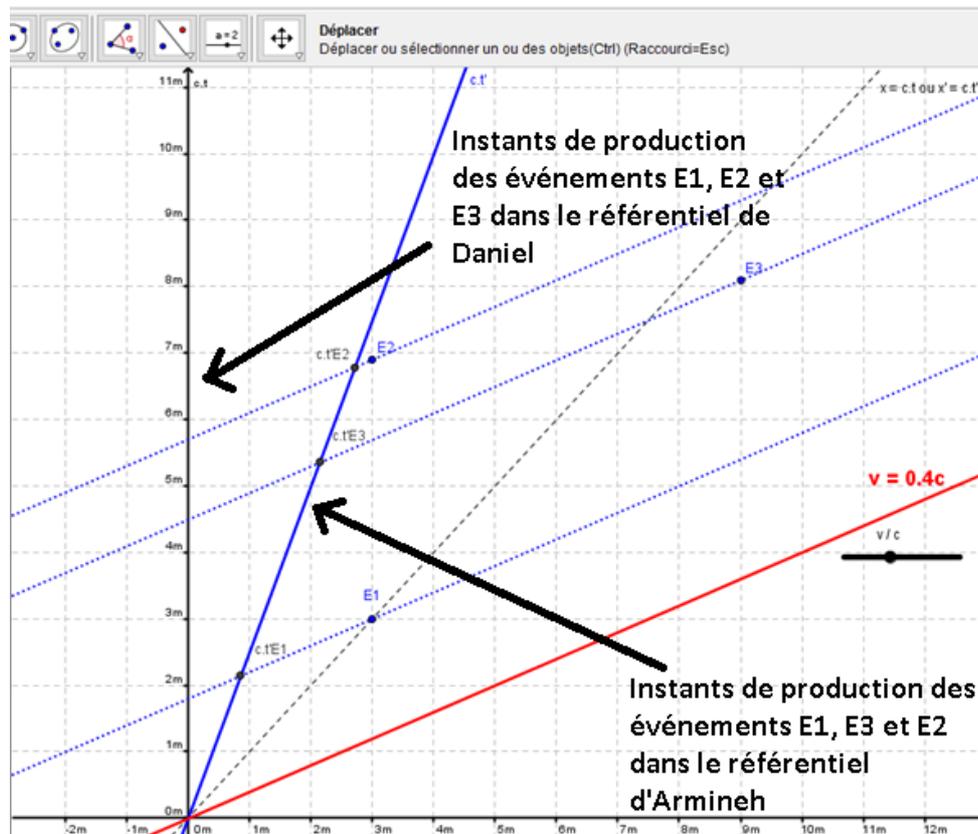


Figure n°6 : Le changement d'ordre chronologique en fonction du référentiel

Le travail à réaliser par les élèves

Le travail à réaliser par les élèves peut être décrit par les opérations ci-après. Il s'agit de tracer la droite $x = c.t$ ou $x' = c.t'$ en entrant à l'aide de la barre de saisie de GeoGebra l'équation $y = x$ et en renommant la droite obtenue. Il faut placer également les trois événements E_1, E_2 et E_3 . Ils doivent éventuellement recadrer l'échelle du repère orthonormé initialement présent. C'est un repère du référentiel lié à Daniel. Ils nomment les axes Ox (axe Ox sur GeoGebra) et $Oc.t$ (axe Oy sur GeoGebra) avec éventuellement une unité en mètre. L'axe $Oc.t'$ est ensuite construit en entrant sur la barre de saisie de GeoGebra l'équation $y = \frac{x}{0,6}$ si par exemple la vitesse d'Armineh par rapport à Daniel est

$v = 0,6.c$. L'axe Ox' est construit en traçant le symétrique de l'axe $Oc.t'$ par rapport à la droite $x = c.t$ à l'aide de la fonctionnalité « symétrie axiale » de GeoGebra ou en entrant sur la barre de saisie l'équation $y = 0,6.x$. Cela permet de construire un repère du référentiel lié à Armineh. Les élèves tracent les parallèles à l'axe Ox' passant par les différents événements et coupant l'axe $Oc.t'$ à l'aide de la fonctionnalité « droite parallèle » de GeoGebra. Les ordonnées $c.t'$ des différents événements dans un repère lié à Armineh sont repérés à l'aide de la fonctionnalité « intersection entre deux objets ». Les élèves tracent éventuellement les parallèles à l'axe $Oc.t'$ passant par les différents événements et coupant l'axe Ox' également à l'aide de la fonctionnalité « droite parallèle » de GeoGebra. Les abscisses x' des différents événements dans un repère lié à Armineh sont repérées à l'aide de la fonctionnalité « intersection entre deux objets ». Les élèves peuvent également représenter les abscisses et les ordonnées des différents événements dans un repère du référentiel lié à Daniel. Ensuite, il faut introduire, par exemple, un paramètre ε compris entre 0 et 1 tel que $\varepsilon = \frac{v}{c}$. L'équation de l'axe $Oc.t'$ est modifiée en changeant $y = \frac{x}{0,6}$ en $y = \frac{x}{\varepsilon}$. La valeur de v peut également être affichée. L'utilisation de la fonction « curseur » du logiciel permet de faire varier les conditions expérimentales en changeant la vitesse d'Armineh par rapport à Daniel en modifiant la valeur de ε . Les diagrammes de Minkowski obtenus sont ensuite exploités pour traiter l'ordre chronologique relatif des événements en fonction du référentiel.

Analyse *a priori* de la séquence à l'aide du cadre de l'ETM étendu

GeoGebra conduit à un travail différent par rapport à l'activité préliminaire papier-crayon grâce au côté dynamique du logiciel qui permet de voir plus facilement l'évolution du diagramme de Minkowski lorsque les conditions expérimentales sont modifiées. Les élèves manipulent ainsi un logiciel à la place d'instruments de géométrie. De plus, les élèves concluent plus facilement sur l'ordre chronologique des événements suivant les deux référentiels qu'avec une activité de type papier-crayon avec laquelle il faudrait reconstruire plusieurs diagrammes de Minkowski avec des conditions expérimentales différentes. Cela permet de montrer que les tâches à traiter par les élèves avec GeoGebra ne sont pas les mêmes que celles de l'activité préliminaire papier-crayon.

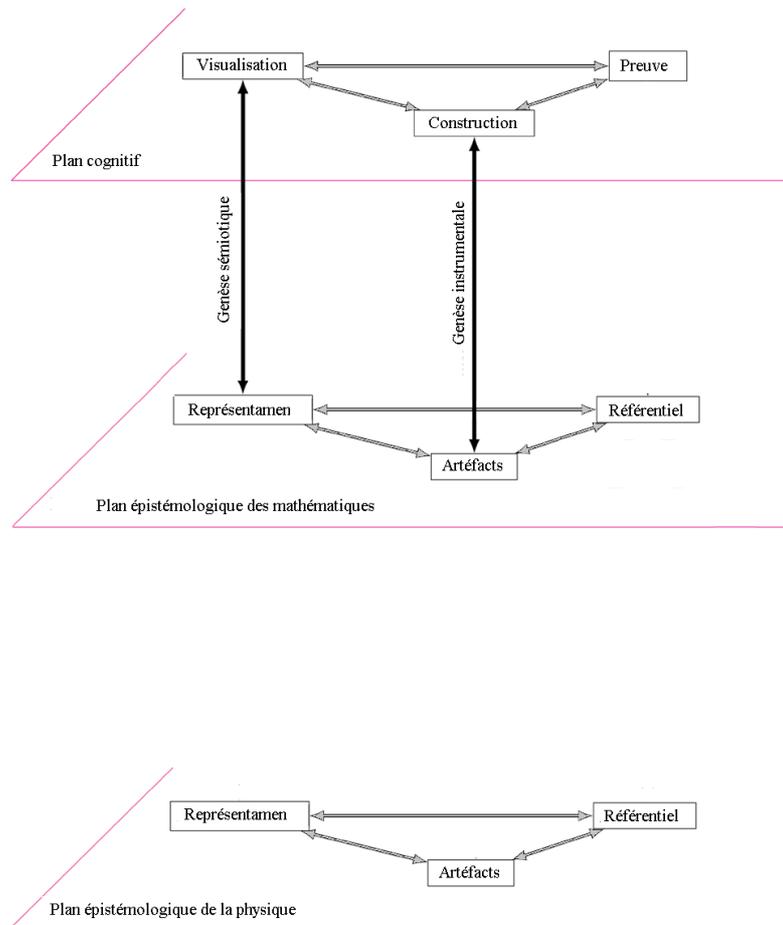


Figure n°7 : Analyse du début de l'activité

Trois moments associés à trois types de tâches sont étudiés dans la séquence d'enseignement : l'appropriation de l'utilisation de GeoGebra avec le début de la construction du diagramme de Minkowski, la finalisation de la construction du diagramme de Minkowski avec la construction des axes Ox' et $Oc.t'$ et enfin l'utilisation du curseur de GeoGebra afin d'obtenir la modification du diagramme de Minkowski avec les conditions expérimentales de vitesse puis l'utilisation du modèle mathématique.

Le premier moment de l'activité correspond à une tâche mettant en jeu initialement majoritairement une démarche de découverte (genèses sémiotique-instrumentale) lors de l'utilisation du logiciel GeoGebra dans le contexte de la relativité restreinte (figure 7). C'est tout d'abord le cadre de rationalité des mathématiques qui est mobilisé.

C'est ensuite majoritairement une démarche de raisonnement (genèses instrumentale-discursive) qui est mise en jeu lors de la finalisation de la construction du diagramme de Minkowski grâce aux fonctionnalités du logiciel. C'est encore le cadre de rationalité des mathématiques qui est mobilisé (figure 8).

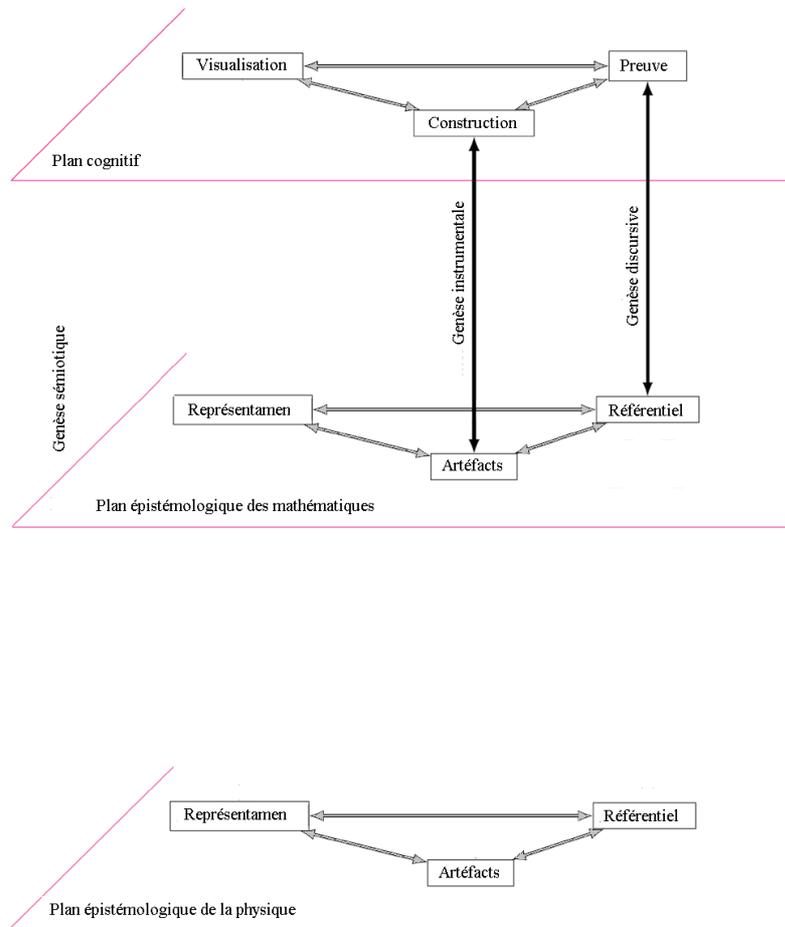


Figure n°8 : Analyse de la fin de la construction du diagramme de Minkowski

Dans un dernier temps, ce sont les cadres de rationalité de la physique et des mathématiques qui sont mobilisés. Ce sont des genèses de type sémiotiques et instrumentales qui sont associées au cadre de rationalité des mathématiques lorsque les élèves doivent adapter le diagramme de Minkowski aux conditions expérimentales. C'est une démarche associée au cadre de rationalité de la physique, qui est mise en jeu lorsque les élèves étudient la modification de la vitesse d'Arminéh par rapport à Daniel et en concluent des résultats physiques sur l'ordre chronologique des événements en fonction du référentiel utilisé. Ce sont des genèses de type sémiotiques et discursives qui sont alors mobilisées (figure 9).

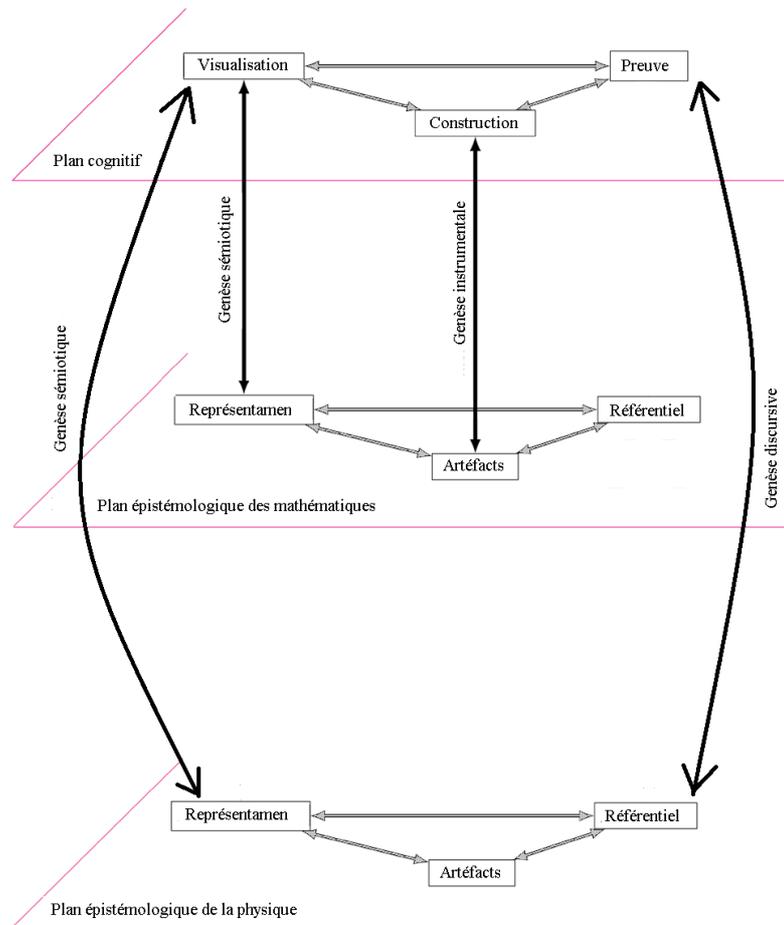


Figure n°9 : Analyse de l'utilisation du curseur avec GeoGebra

Le modèle de l'ETM étendu nous a permis de réaliser l'analyse a priori de chaque type de tâches à effectuer par les élèves. La contribution des cadres de rationalité des mathématiques et de la physique est explicitée à chaque fois. Les types de tâches sont également décrits à l'aide de trois genèses. Les élèves sont amenés à utiliser plusieurs registres sémiotiques (registre algébrique, registre géométrique) décrits par une genèse sémiotique. Les constructions géométriques sont représentées par une genèse instrumentale. Enfin les phases de raisonnement sont illustrées par une genèse discursive. Le niveau de difficulté de chaque type de tâche peut être apprécié en regardant la part des genèses instrumentale-discursive, plus difficiles, par rapport aux genèses sémiotique-instrumentale.

Analyse a posteriori du travail d'un élève

Une classe de 34 élèves de terminale S a suivi le cours de relativité restreinte avec la recherche et la correction d'exercices proposés par le manuel scolaire. Une première séance papier-crayon a été effectuée afin de construire et d'utiliser le diagramme de

Minkowski avec un guidage fort de l’enseignant. L’activité, correspondant à la seconde séance, a été ensuite donnée en devoir à réaliser à la maison. Les conditions de vitesses étaient différentes d’un binôme à l’autre. La très grande majorité des élèves n’avait pas utilisé le logiciel GeoGebra au lycée. Ils ont rendu une première version de leur devoir maison puis ils ont travaillé deux heures en demi-classe en salle informatique afin de finaliser leur fichier GeoGebra (seconde version). Chaque élève a réalisé également un enregistrement MP3 permettant de résumer la totalité de la séquence qui a duré cinq heures en tout. L’analyse a posteriori du travail d’un élève, codé B, est présenté dans ce chapitre. Il a cependant eu le baccalauréat série S, spécialité sciences physiques à la fin de l’année.

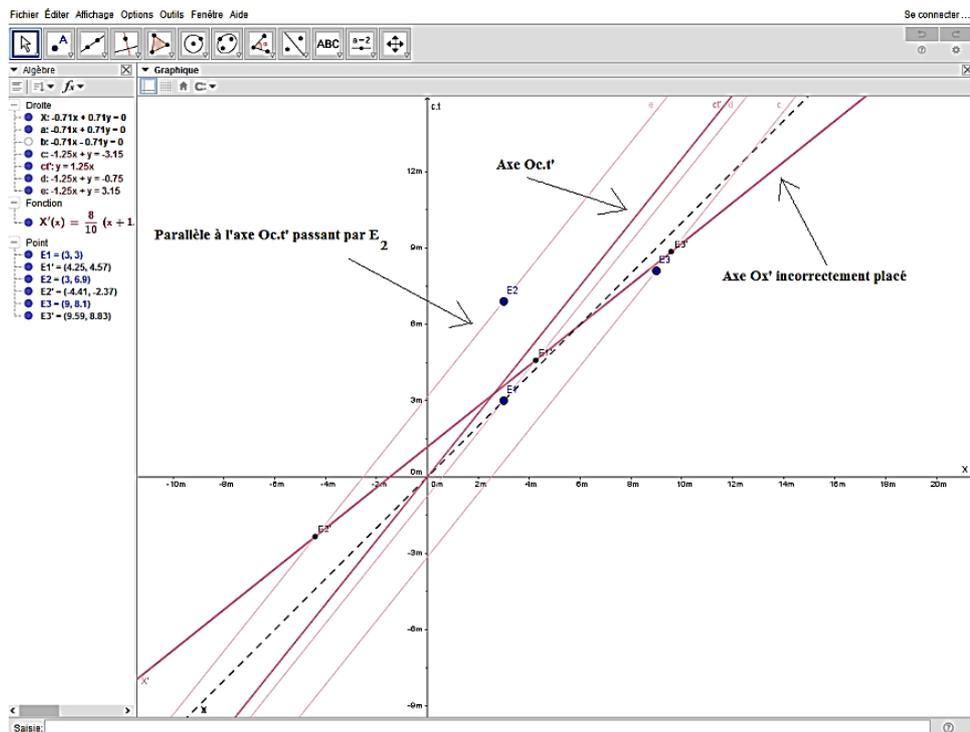


Figure n°10 : Copie d’écran de la première version GeoGebra de l’élève B

Le diagramme de Minkowski comporte les trois événements, les axes Ox , $Oc.t$, $Oc.t'$, la droite $x = ct$, et des projections parallèlement à l’axe $Oc.t'$ coupant un axe Ox' qui n’est pas correctement placé. De plus, le curseur n’apparaît pas. La notion d’événement semble mobilisée ainsi que celle de référentiel puisque les deux repères apparaissent explicitement même si cela demeure imparfait. La notion d’ordre chronologique relatif ne semble pas acquise (figure 10).

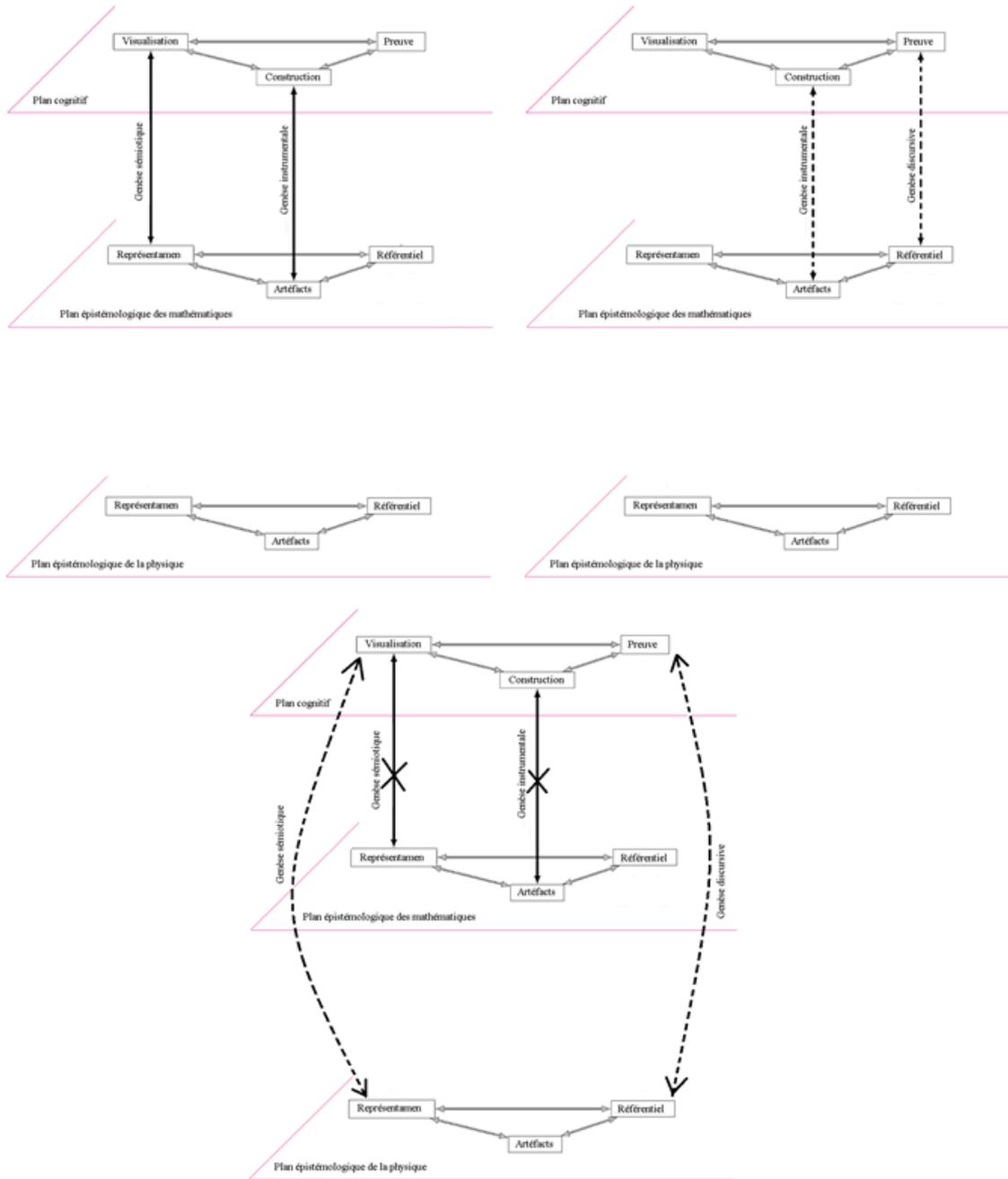


Figure n°11 : Analyse *a posteriori* des tâches effectuées par l'élève B

La seconde version retravaillée en classe (aide personnalisée de l'enseignant pour amener des informations techniques sur le curseur et sur la signification des droites $x = c.t$ ou $x' = c.t'$) comporte les différents éléments qui manquaient dans la première version. L'axe Ox' est bien placé, le curseur permettant de changer la valeur de $\frac{v}{c}$ apparaît et les ordonnées $c.t'$ des différents événements également. Des parallèles à l'axe $Oc.t'$ ou à l'axe Ox' passant par les différents événements sont aussi représentées.

Les flèches noires (figure 11) décrivent une genèse sur l'ETM étendu et correspondent à une tâche correctement réalisée, les flèches noires barrées, une tâche incorrectement réalisée et les flèches en pointillé, une tâche partiellement réussie.

Ce travail met en évidence des interactions de type sémiotiques-instrumentales et de façon plus épisodique des interactions instrumentales-discursives car des confusions importantes sont mises en évidence avec l'enregistrement audio sur la construction de la droite O.c.t' avec un coefficient directeur incorrect (coefficient directeur de 0,6 au lieu de $\frac{1}{0,6}$). L'enregistrement audio montre que l'élève B énonce des résultats sans utiliser véritablement le diagramme de Minkowski ou alors de façon élémentaire. Des confusions subsistent sur le but de l'activité (consistant à comparer des vitesses d'après l'élève B) ou sur la notion de vitesse d'un système dans un référentiel donné (B parle plutôt de la vitesse d'un référentiel). Les explications du tracé de la droite $x = c.t$ sont vagues ainsi que les positions des ordonnées c.t' des différents événements.

Le logiciel GeoGebra peut être considéré comme un artefact du même type qu'un instrument tel qu'une règle. Il est donc possible d'associer l'utilisation de ce logiciel à une genèse instrumentale. Son utilisation permet d'activer une autre genèse instrumentale par rapport à une activité de type papier-crayon. Le curseur de GeoGebra permet de modifier les conditions expérimentales en changeant la vitesse v , ce qui conduit à une visualisation originale du phénomène grâce au caractère dynamique du logiciel. Cela permet de mettre en évidence une genèse sémiotique différente par rapport une activité de type papier-crayon. L'utilisation du logiciel GeoGebra favorise également une genèse discursive car elle permet aux élèves de faire des prévisions sur l'ordre chronologique des événements et donc d'enrichir leur référentiel théorique.

Conclusion et perspectives

Le cadre de l'ETM étendu nous a servi à analyser les tâches associées à certaines étapes du cycle de modélisation du « modèle réel » aux « résultats réels ». Le cadre de l'ETM étendu permet de prendre en compte la mobilisation des plans épistémologiques des mathématiques et / ou de la physique pour chacune des tâches demandées aux élèves. L'utilisation du logiciel GeoGebra amène à développer des genèses spécifiques par rapport à une activité papier - crayon. Nous envisageons, par la suite, d'analyser grâce au modèle de l'ETM étendu ou à une de ses évolutions, dans certains contextes particuliers, les tâches mises en œuvre à chacune des étapes du cycle global de modélisation de la « situation

réelle » aux « résultats réels ». Des résultats préliminaires tendent à montrer que les genèses ainsi que les plans épistémologiques des mathématiques et de la physique ne sont pas mobilisés de la même façon en fonction de l'étape du cycle de modélisation, ce qui va dans le sens des travaux de Borromeo Ferri (2006).

Bibliographie

- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Blum, W., Leiss, D. (2005). « Filling up » - the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modeling tasks. In M. Bosch (Ed.) *Proceedings for the CERME 4*, 1623-1633. Sant Feliu de Guíxols, Spain : FUNDEMI IQS – Universitat Ramon Llull.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM mathematics Education*, 38, 86-95.
- Cazes, C., Vandebrouck, F. (2014). Vil Coyote rattrapera-t-il Bip - Bip ? Un exemple d'introduction de fonctions à partir d'une situation concrète. *Repères. Irem.* 95, 5-22.
- de Hosson, C., Kermen, I., Parizot, E. (2010). Exploring students' understanding of reference frames and time in Galilean and special relativity. *European Journal of Physics*, 31, 1527-1538.
- Duval, R. (1993) Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives de l'IREM de Strasbourg*, 5, 37-65.
- Kuzniak, A., Tanguay, D., Elia, I. (2016). Mathematical Working Spaces in schooling: an introduction. *ZDM mathematics Education*, 48, 721-737.
- Malafosse, D., Lerouge, A. (2000) Ruptures et continuités entre physique et mathématiques à propos de la caractéristique des dipôles électriques linéaires. *Aster*, 30, 65-85.
- Malafosse, D., Lerouge, A., Dusseau, J.M. (2000) Étude, en inter didactique des mathématiques et de la physique, de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : espace de réalité. *Didaskalia*, 16, 81-106.
- Minkowski, H. (1909a) Raum und Zeit. *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 18, 75-88.
- Minkowski, H. (1909b) Raum und Zeit. *Physikalische Zeitschrift*, 10, 104-111.
- Ministère de l'éducation nationale (MEN) (2011). Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de physique-chimie. Classe terminale de la série scientifique. *Le Bulletin officiel*, spécial n°8.
- Moutet, L. (2018). Analyse d'une séquence d'enseignement de la relativité restreinte : l'apport du modèle de l'ETM étendu. *Annales de didactique et de sciences cognitives de l'IREM de Strasbourg*, 23, 107-136.
- Walter, S.A. (1996) *Hermann Minkowski et la mathématisation de la théorie de la relativité restreinte*. Paris. Thèse de doctorat de l'université Paris Diderot, 155 pages.

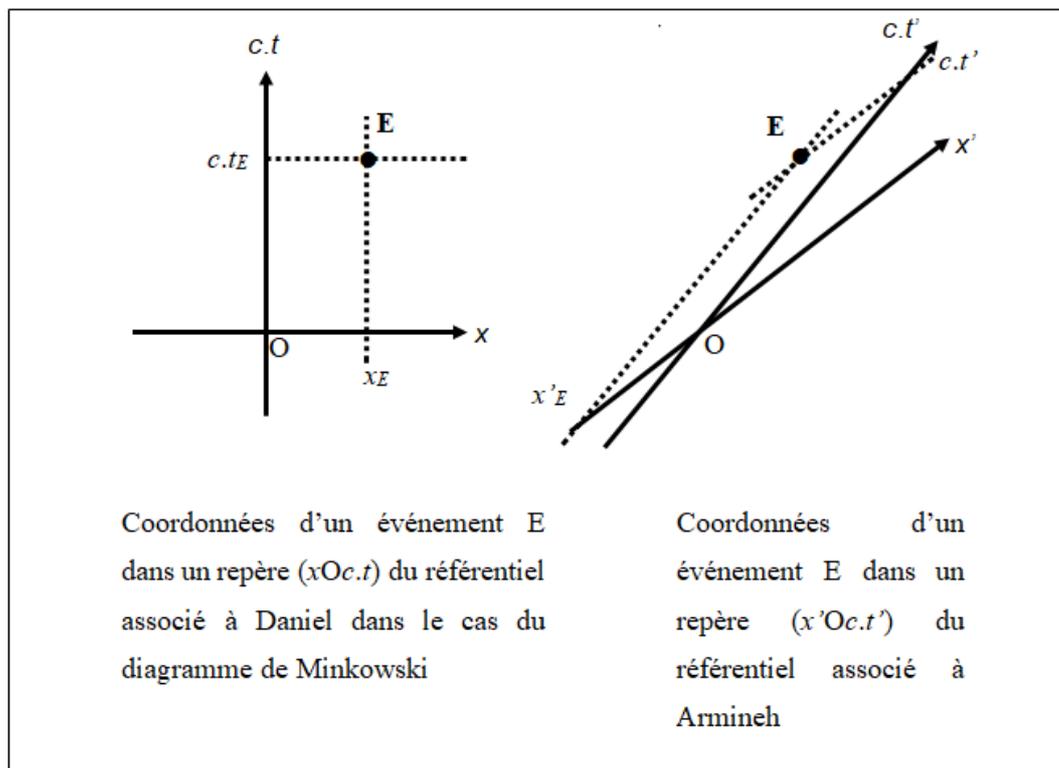
Annexe

Relativité restreinte et géométrie

Note : Le but de l'activité proposée est de modéliser une situation par un diagramme de Minkowski à l'aide du logiciel GeoGebra, de repérer trois événements E_1 , E_2 et E_3 dans le repère des référentiels associés à deux personnages, nommés Daniel et Armineh, et d'utiliser le modèle mathématique lorsque l'on fait varier la vitesse d'Armineh par rapport à Daniel à l'aide de l'outil curseur.

Une route horizontale comporte trois dispositifs émettant des flashes lumineux afin de repérer un danger. Daniel est immobile sur le côté de la route qui peut être modélisée par une droite Ox orientée. Une voiture conduite par Armineh se déplace à une vitesse de $+0,6.c$ sur la route à côté de Daniel et se dirige vers les dispositifs lumineux.

L'origine des dates et des positions correspond à l'événement pour lequel les coordonnées de Daniel et Armineh coïncident. Dans le référentiel associé à Daniel, les deux premiers dispositifs notés S_1 et S_2 se trouvent à $+3$ mètres de Daniel et le troisième, noté S_3 , se trouve à $+9$ mètres de lui. Dans le référentiel associé à Daniel, S_1 émet un flash au bout de 10 ns, S_2 au bout de 23 ns et S_3 au bout de 27 ns.

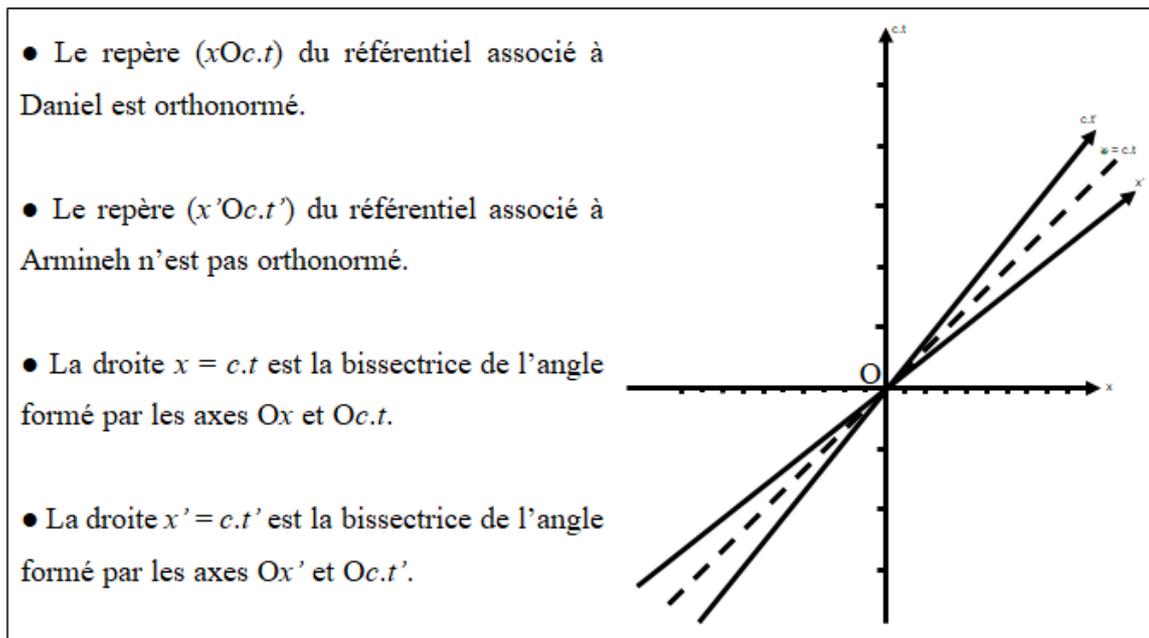


Document n°1 : Coordonnées d'un événement E

La durée propre, notée Δt_p , correspond à la durée entre deux événements A et B ayant les mêmes coordonnées spatiales, dans un référentiel galiléen donné. Cette durée est mesurée par une horloge unique, fixe dans ce référentiel, et ayant les mêmes coordonnées spatiales que les deux événements. Une durée impropre, notée Δt_m , correspond à la durée entre les deux mêmes événements A et B n'ayant pas les mêmes coordonnées spatiales, dans un référentiel galiléen donné. Cette durée est mesurée par deux horloges, fixes dans ce référentiel et situées à la même coordonnée spatiale de chaque événement.

Les durées Δt_m et Δt_p sont reliées par la relation suivante : $\Delta t_m = \gamma \cdot \Delta t_p$.

Document n°2 : Dilatation des durées, durée propre et durée impropre



Document n°3 : Diagramme de Minkowski

Donnée : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$. c représente la vitesse de la lumière dans le vide.

Le coefficient de dilatation des durée γ est défini par l'expression suivante :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Correction de l'activité

Une proposition de résolution est disponible en utilisant le lien hypertexte suivant :

https://drive.google.com/file/d/0B_f8SgBLz2P0N0xfazFCsmU3MHM/view

Cadre d'analyse du savoir en chimie : mise à l'épreuve sur l'analyse de séances de classe

Kermen, Isabelle⁽¹⁾

⁽¹⁾Université d'Artois, LDAR, 62300 Lens – France

⁽¹⁾Universités de Paris, Cergy-Pontoise, Paris-Est Créteil, Rouen

Introduction

La chimie est une science expérimentale et à ce titre interprète et prévoit des événements empiriques au moyen de modèles scientifiques. L'enseignement de la chimie met en relation situations empiriques et modèles scientifiques scolaires, ce qui occasionne des difficultés pour les élèves (par ex. Cooper, Underwood & Hilley, 2012). Ce chapitre propose un cadre didactique d'analyse des savoirs de chimie dans l'enseignement secondaire en France, cadre qui est ensuite mis à l'épreuve dans deux études de cas pour caractériser les connaissances mises en jeu par des élèves au cours d'une séance de travaux pratiques.

Analyse épistémologique du savoir

Pourquoi proposer un cadre didactique d'analyse du savoir en chimie ?

L'élaboration de ce cadre a été motivée par une véritable création didactique (Chevallard, 1985), le concept de « transformation chimique » modélisée par une « réaction chimique » considérée comme un modèle macroscopique, dans les programmes 2000-2002 du lycée en France (MEN, 1999). Dans les cadres existants, tel que le triangle de Johnstone (introduit dès 1982) extrêmement populaire et répandu à l'international, les savoirs en chimie sont considérés comme relevant d'un niveau macroscopique (celui du tangible, du perceptible), d'un niveau submicroscopique (les molécules, les atomes, les modèles) et d'un niveau

symbolique regroupant toutes les représentations utilisées en classe de chimie (graphiques, formules, équations, etc.) (Johnstone, 2006). Cependant, aucun modèle macroscopique n'est envisagé comme si la chimie et son enseignement n'en comportaient pas, ce qui a déjà été signalé (Kermen & Méheut, 2009 ; Talanquer, 2011). Dans les cadres français s'appuyant sur une approche spécifique de la modélisation dans l'enseignement de la chimie (Laugier & Dumon, 2003 ; Pekdag & Le Maréchal, 2006), les modèles macroscopiques et le concept de transformation chimique ne sont pas suffisamment pris en compte (pour une discussion argumentée voir Kermen, 2018). Une nouvelle analyse des différents types de savoirs a été menée selon le positionnement épistémologique suivant. Un modèle scientifique scolaire résulte d'une transposition d'un modèle scientifique (Adúriz-Bravo, 2013) qui peut être défini comme un réseau de concepts en relation les uns avec les autres (Johsua, 1994), construit pour répondre à certaines questions portant sur une part délimitée du registre empirique. Les modèles scientifiques (et les modèles scientifiques scolaires) sont considérés comme un niveau de savoirs intermédiaire entre, et en relation avec, les théories et le niveau empirique (Tiberghien, 1994). Ce parti pris épistémologique a orienté une analyse du programme de chimie de terminale en France qui portait sur l'évolution des systèmes chimiques et abordait les transformations chimiques et les états d'équilibre chimique.

Analyse épistémologique du contenu « évolution des systèmes chimiques »

L'analyse du programme de chimie du lycée 2000-2002, et plus particulièrement celui de la classe de terminale, conduit à distinguer trois modèles scientifiques scolaires issus de deux domaines théoriques et susceptibles d'interroger une même situation empirique (Kermen & Méheut, 2009, 2011).

Présentation du niveau expérimental

Le niveau empirique est séparé en deux sous-niveaux, la réalité perçue et la réalité idéalisée (Gilbert et *al.*, 2000). La réalité perçue correspond au monde des objets et des événements (Tiberghien, 1994) et fait appel à des concepts partagés par tous. Les objets typiques de ce sous-niveau en chimie sont des liquides, des solides, des gaz dont la couleur peut changer, ou qui peuvent disparaître ou apparaître. La valeur affichée sur un pHmètre ou un voltmètre sont d'autres modifications visibles que nous qualifierons aussi d'événements. Un exemple, où figurent des objets et des modifications perceptibles, est

présenté en figure 1a. Une description en termes de solide, de liquide, de couleur, etc. s'effectue dans la réalité perçue.

La réalité idéalisée inclut des objets-modèles (au sens de Bunge, cité par Gilbert et *al.*, 2000) qui dérivent d'objets réels par idéalisation (Fernández-González, 2013), c'est-à-dire par distorsion. Les espèces chimiques sont typiquement les objets-modèles de la réalité idéalisée sur lesquels se base une description chimique de l'évolution d'un système fermé. L'espèce chimique n'a pas vraiment de réalité expérimentale dans la mesure où tout échantillon de matière n'est jamais totalement pur, elle est le constituant ultra-majoritaire de cet échantillon. Considérer que l'échantillon est fait uniquement de l'espèce chimique en question est une distorsion de l'objet échantillon, qui le réduit à son constituant ultra-majoritaire. Lors de l'évolution d'un système chimique fermé, on recense les espèces chimiques présentes dans les états initial et final du système. Si ces espèces sont différentes ou en quantités différentes, alors on a caractérisé une transformation chimique, qui résulte de la construction d'un bilan qualitatif dans la réalité idéalisée (figure 1b).

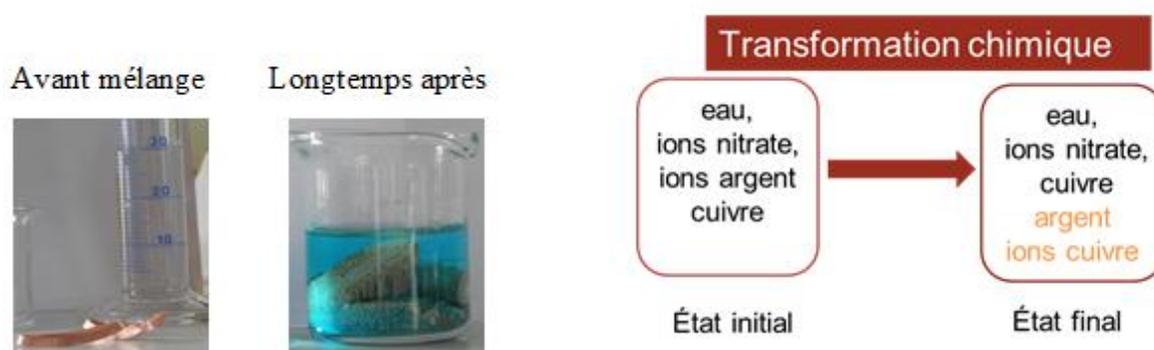


Figure n°1 : À gauche (1a), la réalité perçue ; à droite (1b) schéma d'une transformation chimique dans la réalité idéalisée

Du niveau empirique au niveau des modèles

En faisant varier les quantités respectives des espèces chimiques initiales, on peut réaliser toute une famille de transformations chimiques mettant en jeu les mêmes espèces initiales et correspondant à la formation des mêmes nouvelles espèces dans chaque expérience. On met en évidence le fait que les quantités d'espèces qui réagissent (celles dont la quantité diminue) respectent toujours la même proportion et que celles des espèces qui se forment (dont la quantité augmente) ont aussi une proportion fixe. L'interprétation de ces faits expérimentaux conduit à construire un modèle, une réaction chimique, qui indique quelles sont les espèces réagissant, les espèces formées et dans quelles proportions. La réaction chimique modélise toute une famille de transformations chimiques totales (avec disparition

d'un réactif, le réactif limitant) comportant les mêmes espèces chimiques et est symbolisée par une équation de réaction ($2\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \text{Cu}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{Ag}_{(\text{s})}$, pour l'exemple de la figure 1).

Pour donner un caractère explicatif à la modification des espèces chimiques, on peut adjoindre un modèle cinétique élémentaire (submicroscopique) dans lequel une espèce chimique est considérée comme un ensemble considérable d'entités identiques en mouvement continu, le terme entité désignant atome, molécule ou ion.

Articulation des trois domaines de savoir

Lorsque les transformations chimiques non totales sont abordées en classe de terminale, le modèle précédent est complexifié et complété. L'analyse du savoir à enseigner conduit à considérer trois modèles scientifiques scolaires (pour plus de détails, voir Kermen, 2018).

Le modèle thermodynamique est le plus général et permet de prévoir et expliquer le sens de l'évolution du système en référence à une équation de réaction, si elle est connue. Il comporte une paire de réactions chimiques inverses qui modélisent une famille de transformations chimiques non totales, et le critère d'évolution. Il s'agit d'une procédure de comparaison du quotient de réaction, fonction descriptive d'un état du système, à la constante d'équilibre, attachée à l'équation de réaction, pour prédire le sens d'évolution du système.

Les modèles cinétiques ont un rôle explicatif mais non prédictif. Le modèle macroscopique est composé de la paire de réactions chimiques inverses et de leurs vitesses qui sont différentes lorsque le système évolue, et égales dans l'état d'équilibre chimique.

Le modèle cinétique submicroscopique est constitué d'entités en mouvement continu, modifiées au cours de chocs particuliers dits efficaces. Au cours des chocs efficaces entre entités, des électrons sont transférés, des liaisons sont formées ou dissociées, de nouvelles entités sont formées. À l'échelle macroscopique cela correspond à la formation de nouvelles espèces chimiques.

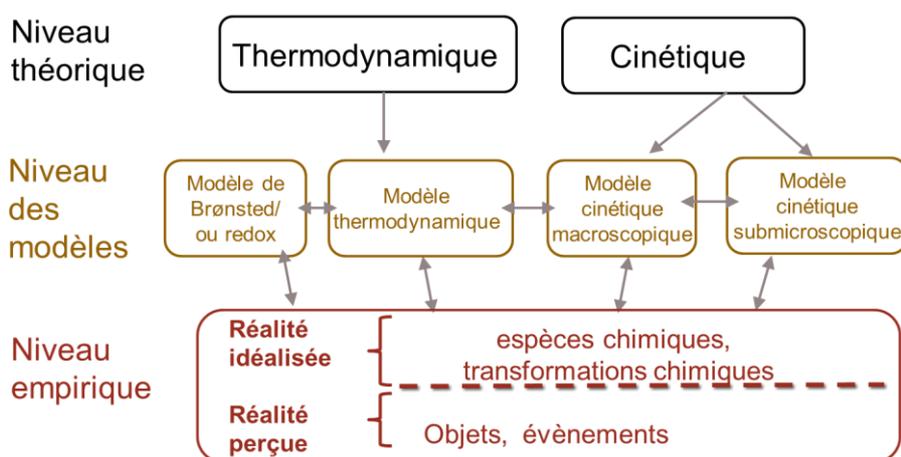


Figure n°2 : Articulation des différents domaines de savoir

Si les transformations chimiques étudiées mettent en jeu des acides et des bases alors il faut adjoindre un modèle spécifique, le modèle de Brønsted, pour expliquer et prévoir les interactions entre espèces. De même s'ajoute un modèle redox si les transformations chimiques engagent des oxydants et des réducteurs. Ces deux modèles permettent d'écrire les équations de réaction, éléments des modèles macroscopique, thermodynamique et cinétique. Ces différents domaines de savoirs et leurs liens sont rassemblés sur la figure 2. Les formules chimiques ne sont pas réservées aux modèles, car les espèces chimiques sont désignées par leur nom et souvent leur formule dans la réalité idéalisée.

Analyse didactique d'une séance de classe

En classe, les élèves agissent en réponse à des demandes de l'enseignant. L'activité d'un sujet correspond à ce qu'il entreprend pour réaliser une tâche donc atteindre un but fixé dans des conditions données (Leplat & Hoc, 1983). L'activité regroupe les actions du sujet mais aussi ses pensées, ses prises de décision quant au faire ou ne pas faire. L'activité d'un sujet est influencée par la situation et par ses connaissances, ses compétences (Rogalski, 2007). Dans la classe, l'activité de l'enseignant consiste principalement à accompagner les élèves dans la résolution des tâches qu'il a conçues (Robert & Rogalski, 2002). L'activité développée par un élève pour résoudre la tâche dépend de ses connaissances en chimie, cependant seules des traces de cette activité sont perceptibles et l'activité ne peut qu'être inférée.

Problématique

Le cadre d'analyse du savoir qui vient d'être brièvement présenté a été utilisé pour catégoriser des réponses d'élèves à des questionnaires portant sur la mobilisation à bon escient des différents modèles et qui interrogeaient le lien entre niveau des modèles et réalité idéalisée (Kermen et Méheut, 2009, 2011). Nous proposons maintenant de le mettre à l'épreuve pour analyser et caractériser les raisonnements d'élèves lors de séances de classe incluant une situation expérimentale. Il s'agit de catégoriser les différents niveaux de savoir auxquels s'effectuent les interventions des élèves et de l'enseignant pour permettre de situer les raisonnements des élèves, et d'explorer notamment si des liens sont faits entre réalité perçue (RP) et réalité idéalisée (RI), ou entre réalité perçue (RP) ou idéalisée (RI) et modèles (M). Nous souhaitons déterminer quelles informations sur les raisonnements d'élèves et les connaissances en jeu dans la classe l'utilisation de ce cadre procure et à évaluer sa pertinence.

Méthodologie

Plusieurs séances de travaux pratiques ordinaires dans différentes classes de terminale ont été filmées pour étudier les pratiques des enseignants. Elles ont été entièrement transcrites dans le cadre d'autres études. Des épisodes incluant des interactions entre élèves et l'enseignant ont été sélectionnés. Deux épisodes ont été retenus car ils montraient des difficultés d'élèves ou une mécompréhension dans la mise en lien de deux niveaux de savoir.

Un épisode est associé à une tâche ou un ensemble de sous-tâches que l'élève doit réaliser. Une analyse du raisonnement attendu pour réaliser la tâche est faite en précisant les savoirs en jeu dans la tâche avant de présenter l'analyse de la réalisation, à savoir ce que le chercheur-observateur perçoit et infère de l'activité des élèves ou de l'enseignant. Cela consiste essentiellement en une analyse des échanges verbaux.

Les propos des élèves, et ceux de l'enseignant lorsqu'il est nécessaire de le faire, ont été catégorisés en déterminant à quel domaine de savoir les mots et groupes de mots pertinents (ou les phrases) appartiennent et quels liens sont alors effectués.

Voyons un exemple d'analyse sur la phrase suivante : « ces mélanges ils ont quelque chose d'un petit peu différent de ce qu'on a l'habitude de faire c'est-à-dire qu'ils vont contenir finalement les quatre espèces dont on est en train de parler ». Le terme « mélanges » réfère à la réalité perçue, car l'enseignante désigne à ce moment-là les mélanges de liquides que

les élèves vont devoir faire alors que celui d'« espèces » appartient à la réalité idéalisée incarnée de plus par les formules chimiques écrites au tableau par l'enseignante.

Résultats

Deux études de cas sont présentées, en séance de travaux pratiques en classe de terminale en mars 2011 (cas 1, lycée de petite ville, 15 élèves) et mars 2012 (cas 2, lycée de grande ville, 20 élèves).

Étude de cas 1

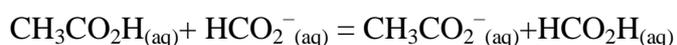
L'extrait proposé débute la séance. Le modèle acidobasique de Brønsted, les transformations non totales acidobasiques ont été introduits plusieurs semaines auparavant.

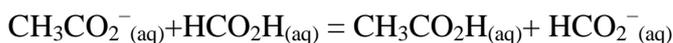
Tâche à réaliser

L'enseignante (F) indique aux élèves qu'ils vont devoir faire deux mélanges à partir de quatre solutions contenues dans quatre fioles disposées au bureau face aux élèves. Chaque solution contient un acide ou une base à la même concentration ; elle a écrit au tableau les formules des deux acides et de leurs bases conjuguées. Elle prévient : « ces mélanges ils ont quelque chose d'un petit peu différent de ce qu'on a l'habitude de faire c'est-à-dire qu'ils vont contenir finalement les quatre espèces dont on est en train de parler ». Puis elle énonce la tâche : « alors avant de réaliser ce mélange et d'y faire d'obscurmes mesures sans réelles raisons on va réfléchir proposez moi une équation de réaction sur votre papier ».

Raisonnement attendu

Au vu de la réalité perçue (les solutions incolores) et de la réalité idéalisée (les formules chimiques et les noms des espèces), les élèves sont supposés mettre en œuvre le modèle de Brønsted et proposer une interaction entre l'un des deux acides et la base conjuguée de l'autre. Ils doivent écarter la réalité perçue qui n'apporte aucune information, et se concentrer sur les objets de la réalité idéalisée afin de mobiliser le modèle de Brønsted en se rappelant qu'un acide est une espèce susceptible de fournir l'espèce ion hydrogène à une autre espèce capable de la capter, une base. L'équation de réaction traduit alors le transfert de l'espèce ion hydrogène d'un acide d'un couple vers la base d'un autre couple qui conduit à la formation des espèces conjuguées. On attend l'une des équations de réaction suivantes (qui symbolisent deux réactions inverses) :





Description et brève analyse du dialogue enseignante-élèves

L'enseignante F s'arrête à la table d'un binôme Chloé et Lucile.

Équation écrite par Chloé $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{HCO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{HCO}_2\text{H}_{(\text{aq})} =$

Équation écrite par Lucile $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{HCO}_2^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{HCO}_2\text{H}_{(\text{aq})}$

Voici un extrait de la conversation.

1. F (à Chloé) : hmhm donc on écrit les couples acide-base ça ok (13s) donc là il y a deux acides donc on est tenté (3s) d'écrire que chacun des acides va donner son proton et pis la base elle va réagir et tout ça
2. Chloé : ben oui
3. F : ben oui ça nous fait quatre espèces chimiques à gauche du égal (2s) et puis quoi à droite ?
4. Lucile : (5s) mais pourquoi ils sont tous à gauche ?
5. Chloé : parce qu'on les mélange tous ?

F engage alors une discussion avec Lucile. Elle fait préciser à Lucile que l'écriture d'une flèche dans l'équation signifie qu'il ne se passe plus rien, et que dans le cas des phénomènes acidobasiques cela ne traduit pas la réalité. Puis elle poursuit. Voici un deuxième extrait.

36. F : quand on regarde à l'intérieur à l'intérieur de la fiole de très très près ces espèces-là bougent plus ?(2s)
37. Lucile : ben si
38. F : ben si (3s)
39. Lucile : ben elles sont (3s)
40. F : le fait qu'il y ait un état d'équilibre qu'est-ce que ? à quoi ça correspond ? (3s) ça correspond que là on a mis des espèces, en plus on a mis tout le monde, entre les deux espèces que t'as mises à gauche y a des chocs
41. Lucile : ben oui
42. F : ben oui et ces chocs de temps en temps ils sont ? (4s) efficaces c'est pour ça qu'ils fournissent ?
43. Lucile : (1s) des produits
44. F : des espèces qui sont à droite. Les espèces qui sont à droite elles jouent à 1 2 3 soleil elles attendent ? (2s)
45. Lucile : hé ben non
46. F : ben non

Lucile convient alors que les espèces écrites à droite de la flèche continuent à réagir et change la flèche dans l'équation par un signe égal, symbole de deux réactions inverses en cours. À la fin de ce dialogue, Chloé interroge « ben je ne comprends pas, si on mélange toutes les espèces ensemble elles sont toutes en réactifs ? ».

Au début de l'extrait (tour de parole 1), l'enseignante décrypte l'équation de Chloé en évoquant le modèle de Brønsted sans déclencher d'autre réaction qu'un acquiescement de Chloé qui ne semble pas pouvoir utiliser ce que vient de lui dire l'enseignante. Puis F et Lucile (tours de parole 3 et 4) s'interrogent sur la signification de cette écriture (M) et Chloé fournit une réponse montrant qu'elle se situe au niveau expérimental (RI) ce qui peut expliquer que les informations précédentes n'aient pas eu d'effet sur sa réflexion. Elle reproduit ce qu'elle a rencontré jusque-là, les espèces présentes initialement ne comportaient pas les futurs produits. Et elle ne sait pas comment poursuivre.

L'usage de l'expression « à l'intérieur de la fiole de très très près » (tour de parole 36) indique que l'enseignante F fait appel à l'échelle submicroscopique malgré le terme « espèce ». Cela est confirmé dans la suite de l'échange où elle invoque des chocs entre espèces (tour 40) et des chocs efficaces (tour 42 et ultérieurement). Elle peut ne pas être pleinement avertie de la signification uniquement macroscopique du mot. L'enseignante utilise des formulations anthropomorphiques, « tout le monde » (tour 40) puis « les espèces jouent à 1,2, 3, soleil ? » (tour 44) pour faire dire à l'élève qu'effectivement toutes les espèces continuent à réagir et qu'il faut donc le signaler par un signe égal dans l'équation.

Étude de cas 2

Cet extrait de séance concerne la mise en commun après que les élèves ont réalisé en autonomie les expériences figurant sur leur fiche.

Tâche à réaliser

Les élèves ont réalisé deux expériences successives. Dans la première expérience, ils ont introduit dans le tube à essai 2 une solution de sulfate de cuivre (II) avec de la poudre de zinc (le tube 1 ne contient que la solution), ils ont attendu puis filtré. Dans la deuxième expérience, ils ont ajouté une solution d'hydroxyde de sodium goutte à goutte au filtrat. Ils devaient noter leurs observations, et identifier la transformation chimique dans le tube 2.

Raisonnement attendu

Les élèves doivent observer les changements visibles (RP) pour faire une description en termes d'espèces chimiques (RI). L'affaiblissement de la couleur de la solution par rapport au tube 1 (RP) permet de déterminer la consommation des ions cuivre (II), il faut trouver les espèces formées (X) et reconnaître le cuivre, (figure 3) puis quelle transformation chimique s'est produite dans la première expérience (figure 3).

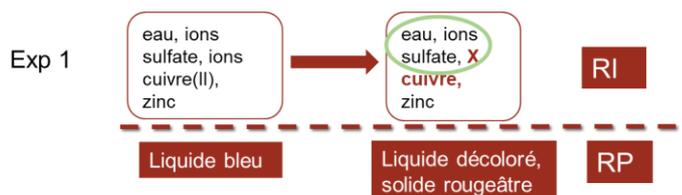


Figure n°3 : Transformation chimique dans la première expérience

La seconde expérience a pour fonction de caractériser l'espèce X (les ions zinc) formée dans la première. Les élèves doivent reconnaître que la formation d'un précipité blanc (espèce Y, figure 4) qui se dissout dans un excès de solution d'hydroxyde de sodium est caractéristique de la présence d'ions zinc en solution (figure 4). Une fois cette caractérisation effectuée, alors ils infèrent la consommation du zinc, qui n'est pas visible.

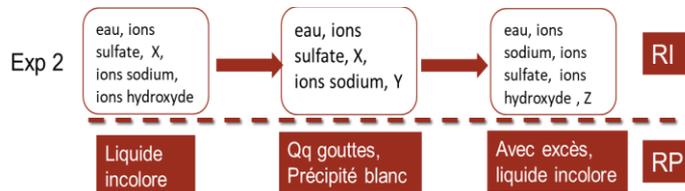


Figure n°4 : Transformations chimiques dans la deuxième expérience

Il y a donc des allers et retours entre RI et RP qui conjuguent observations et identifications d'espèces chimiques. Il s'agit ensuite d'écrire une équation de réaction (M), ce qui ne figurait pas dans la consigne mais est devenue la tâche redéfinie par l'enseignante.

Description et brève analyse du dialogue collectif

Lors du dialogue collectif, l'enseignante S fait préciser les observations par les élèves pour parvenir à identifier les espèces formées et consommées. Les élèves échouent à identifier l'espèce chimique objet de la seconde expérience, ce qui révèle un lien manquant entre RP et RI. L'enseignante fait alors recenser les espèces présentes initialement et écrit au tableau leurs formules Cu^{2+} SO_4^{2-} Zn , cette fois les élèves ont correctement relié perception et RI. Puis elle leur fait énoncer un principe théorique de chimie, la conservation des éléments

chimiques et les amène à dire que l'espèce ionique formée à partir du zinc ne peut être que les ions zinc, dont elle écrit la formule au tableau. Avant de finir le recensement des espèces présentes dans l'état initial (RI), elle fait dire aux élèves que les ions sulfate sont « spectateurs » ce qui est un indice d'une connaissance expérimentale dans la réalité idéalisée et barre la formule au tableau. C'est un écrit intermédiaire qui ne correspond plus tout à fait à une description des deux états du système dans la réalité idéalisée (figure 3). Elle ajoute alors un signe + à côté de la formule des ions zinc pour écrire celle du cuivre et réoriente définitivement l'écrit qui devient celui d'une équation de réaction, au niveau du modèle. Une fois l'équation complétée au tableau selon $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Cu}_{(\text{s})}$, S demande la nature de cette dernière (donc reste au niveau du modèle).

S: (...) à quel type de réaction j'ai affaire là ?

Olivier : précipitation

S : Fanny ?

Fanny : précipitation

S : là précipitation ?// précipitation quant à la soude oui mais là j'parle pas de la soude/

Élèves : oxydoréduction.

Certains élèves répondent à tort qu'il s'agit d'une réaction de précipitation. Leur réponse montre qu'ils s'appuient sur ce qu'ils ont vu (RP) dans la deuxième expérience (figure 4) et non pas sur le modèle redox pour interpréter l'équation de réaction écrite au tableau.

Discussion

Dans le premier cas, le modèle de Brønsted est opératoire pour Lucile, qui propose une équation de réaction ayant une signification chimique, mais pas pour Chloé. Elle a agi comme si toutes les espèces initialement présentes avaient une fonction de réactifs. Le côté gauche de l'équation de réaction semble alors représenter l'état initial du système (Gauchon et Méheut, 2007), ce qui dénote une forme de confusion entre les deux niveaux RI et M, ou une difficulté à distinguer deux niveaux de savoir. Cela a pu être accentué par l'usage des notations symboliques des espèces chimiques dans les deux niveaux, et l'absence de notation des espèces cationiques non réactives au tableau (RI). La notation de ces espèces aurait pu constituer un indice du fait qu'il faut sélectionner certaines des espèces présentes pour proposer une réaction, dans la mesure où les élèves connaissent l'absence de réactivité des ions sodium en solution. Dès lors, Chloé ne se demande pas comment faire pour déterminer quelle espèce peut réagir avec telle autre, donc comment

utiliser le modèle de Brønsted. Pour elle, la description dans la réalité idéalisée prévaut sur l'usage du modèle.

L'usage du modèle cinétique a aidé Lucile à corriger son équation et *in fine* a permis à Chloé d'amorcer un changement puisque son interrogation, à la fin de l'épisode, révèle une prise de conscience de son erreur (la suite de la séance confirme cela). L'usage incorrect au regard du savoir de référence du terme espèce au lieu d'entité par l'enseignante ne semble pas gêner les élèves, tout comme les formulations anthropomorphiques, ce qui montre bien que c'est la signification qu'ils peuvent en retirer, l'idée d'interaction continue, qui compte. Mais il est aussi possible que le manque d'usage des termes adéquats ne favorise pas la reconnaissance de l'échelle à laquelle les explications sont fournies, en d'autres occasions.

Dans le second cas, les élèves n'ont pas réussi à faire une description chimique de la première expérience, donc à passer avec succès de la réalité perçue à la réalité idéalisée, faute d'une connaissance expérimentale (RP) spécifique sur l'espèce recherchée (RI). Cela stoppe le recensement des espèces dans la réalité idéalisée donc la description chimique correspondant à la première transformation chimique (RI). Le changement de stratégie de l'enseignante qui fait appel à un principe théorique, la conservation des éléments chimiques, lui permet de contourner cette difficulté. Ce principe sous-tend les niveaux M et RI et permet l'interprétation des événements perçus. La mention du rôle d'espèce « spectatrice » pour les ions sulfate atteste d'une connaissance expérimentale et d'un passage connu entre RI et modèle, s'agissant d'une non-sélection de l'espèce pour figurer dans l'équation de réaction.

Certains élèves échouent à identifier la nature des réactions en jeu dans la première expérience. Ils se rappellent le précipité qu'ils ont vu (RP) sans réaliser qu'il correspond à la deuxième expérience, dont aucune description chimique n'a été demandée, ni fournie. Identifier une espèce produite lors d'une transformation au moyen d'une (ou plusieurs) autre transformation chimique est une pratique courante en chimie, elle contribue à définir l'identité chimique d'une espèce (Ngai, Sevian & Talanquer, 2014). Les élèves n'ayant pas saisi qu'il y avait des transformations chimiques successives, cela montre qu'ils ne peuvent conduire ce raisonnement seuls et ont besoin d'un guidage. Alors que l'enseignante désigne l'équation de réaction au tableau, la réponse « précipitation » montre aussi qu'ils ne sont pas conscients qu'ils doivent faire appel au modèle redox, et qu'il ne s'agit pas de faire un lien entre réalité idéalisée ou perçue et le niveau des modèles.

Dans les deux cas, les élèves modélisent la situation expérimentale ou utilisent des modèles respectant la conservation des éléments chimiques et les symboles chimiques. Aucun élève n'a mentionné d'espèce comportant un élément chimique non présent initialement (au contraire de certains élèves de seconde invoquant la présence de carbone au vu d'un solide noir, constitué en fait d'oxyde de cuivre, Laugier & Dumon, 2003) ou utilisé de symbole différent des symboles des formules chimiques. Ces indices incitent à penser qu'ils ont adopté au moins partiellement le style de pensée des chimistes et qu'ainsi ils entrent dans un collectif de pensée en classe (Sensevy & Santini, 2006) fondé sur celui des chimistes et qui permet de voir et d'interpréter la réalité d'une certaine façon.

Conclusion

Le cadre d'analyse proposé permet de caractériser les liens effectués et certains liens manquants entre différents niveaux de savoir et de souligner l'importance de l'usage du modèle cinétique qui donne du sens aux représentations symboliques. Les espèces chimiques en tant qu'objets-modèles ne permettent pas de prévision, seule leur inclusion dans un modèle (celui de Brønsted), l'autorise. Le recours au principe de conservation des éléments chimiques met en lumière que toute modélisation (passage de RI à M) s'effectue en faisant intervenir les éléments chimiques initialement présents de même que toutes les descriptions chimiques (passages de RP à RI).

Il reste à éprouver ce cadre dans d'autres situations. Il peut être adapté à un niveau scolaire moins élevé, au collège, en ne considérant que des transformations chimiques totales et un modèle cinétique submicroscopique élémentaire pour construire la dialectique entité-espèce (Kermen, 2018) ou à d'autres systèmes scolaires francophones où le terme transformation chimique n'est pas défini. En effet, il est possible de distinguer les deux types de descriptions (RP et RI) pour donner lieu ensuite à interprétation dans le cadre du modèle, ou inversement de partir du caractère prédictif du modèle pour ensuite proposer une prévision en termes d'espèces chimiques formées et consommées (RI), et en termes d'événements perceptibles (RP). Enfin il peut être utilisé en formation d'enseignants pour proposer des situations concrètes d'intérêt et d'usage de la distinction réalité-modèle et de la dialectique macroscopique-submicroscopique, qui sont réaffirmées dans les programmes de lycée en vigueur à partir de septembre 2019.

Bibliographie

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593–1611.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Cooper, M. M., Underwood, S. M., & Hilley, C. Z. (2012). Development and validation of the implicit information from Lewis structures instrument (IILSI): do students connect structures with properties? *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 195-200.
- Fernández-González, M. (2013). Idealization in chemistry: Pure substance and laboratory product. *Science & Education*, 22(7), 1723–1740.
- Gauchon, L., & Méheut, M. (2007). Learning about stoichiometry: from students' preconceptions to the concept of limiting reactant. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(4), 362.
- Gilbert, J. K., Pietrocola, M., Zylbersztajn, A., & Franco, C. (2000). Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Éd.), *Developing Models in Science Education* (p. 19-40). Springer Netherlands.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.
- Johsua, S. (1994). Quelques conditions d'évolution d'un objet d'enseignement en physique : l'exemple des circuits électriques. In G. Arsac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, & A. Tiberghien, *La transposition didactique à l'épreuve* (p. 9-34). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée. Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Kermen, I., & Méheut, M. (2009). Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 24-34.
- Kermen, I., & Méheut, M. (2011). Grade 12 French Students' use of a Thermodynamic Model for Predicting the Direction of Incomplete Chemical Changes. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1745-1773.
- Laugier, A., & Dumon, A. (2003). Obstacles épistémologiques et didactiques à la construction du concept d'élément chimique : quelles convergences ? *Didaskalia*, 22, 69-97.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, 3(1), 49-63.
- Ministère de l'éducation nationale (1999). *Bulletin Officiel Hors-Série*, n°6, 12 août.
- Ngai, C., Sevia, H., & Talanquer, V. (2014). What is this Substance? What Makes it Different? Mapping Progression in Students' Assumptions about Chemical Identity. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2438-2461.
- Pekdag, B., & Le Maréchal, J.-F. (2006). Influence de la nature du texte d'un film de chimie sur son utilisation par un apprenant. *Didaskalia*, 28, 55-84.
- Rogalski, J. (2007). *Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant*. 1-21. Accédé le 22/11/2019 http://www.ciep.fr/sources/conferences/CD_professionnalisation/bak/pages/docs/pdf_interv/Rogalski_Janine.pdf

- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528.
- Sensevy, G., & Santini, J. (2006). Modélisation : une approche épistémologique. *Aster*, 43, 163-188.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.

Étude des pratiques enseignantes déclarées en contexte de sciences participatives « Vigie-Nature École »

Bosdeveix, Robin⁽¹⁾, Crépin-Obert, Patricia⁽²⁾, Fortin, Corinne⁽²⁾, Leininger-Frezal, Caroline⁽³⁾, Regad, Leslie⁽⁴⁾, Roux-Goupille, Camille⁽²⁾, Turpin, Sébastien⁽⁵⁾

⁽¹⁾Inspection générale de l'éducation nationale, Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) – France

⁽²⁾Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)- UPEC – France

⁽³⁾Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)- Université de Paris– France

⁽⁴⁾LaboraMTi, INSERM, Université de Paris – France

⁽⁵⁾Muséum national d'Histoire naturelle, UMR 7204 CESCO – France

Contexte de l'étude

Depuis 2012, le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) développe le programme Vigie-Nature École (VNE). Dans ce dispositif de sciences participatives (Boeuf, Allain, & Bouvier, 2012 ; Bonney, Ballard, Jordan, McCallie, Phillips, Shirk & Wilderman, 2009), les enseignants et leurs élèves contribuent à des recherches scientifiques par l'envoi de données au Muséum. Ce programme propose aux enseignants de réaliser des suivis de la biodiversité dite ordinaire en mettant en œuvre des protocoles scientifiques standardisés avec leurs élèves. Pour les chercheurs en écologie, ces dispositifs de suivi visent à échantillonner un grand nombre de sites répartis sur le territoire national dans le but d'évaluer l'état et la dynamique de la biodiversité en France (Couvét, Jiguet, Julliard, Levrel, & Teyssedre, 2008) en s'appuyant sur les données récoltées par le grand public pour étudier l'impact des changements globaux sur la biodiversité ordinaire avec une triple visée :

- disposer d'indicateurs scientifiques pour évaluer l'état de la biodiversité et pour mieux connaître la dynamique de certaines espèces ;

- proposer, à partir des données récoltées, des politiques de préservation et/ou de conservation de la biodiversité menacée ;
- sensibiliser le grand public aux enjeux de protection et de conservation de la biodiversité.

Vigie-Nature École propose aux élèves, de la maternelle au lycée, sept observatoires en France métropolitaine, c'est-à-dire des protocoles d'observation pour identifier et comptabiliser sur le terrain différents groupes biologiques :

- « *Opération Escargots* » vise à comprendre l'effet des pratiques d'entretien des jardins sur les populations d'escargots et de limaces ;
- « *Spipoll* », acronyme de Suivi Photographique des Insectes POLLinisateurs, a pour objectif de mieux connaître les menaces qui pèsent sur la pollinisation des fleurs (réchauffement climatique, utilisation des insecticides, etc.) ;
- « *Vigie-Chiro* » s'intéresse à l'évolution des populations de chauves-souris (Chiroptères), en enregistrant les ultra-sons émis pendant leurs activités de chasse ;
- « *Placette à vers de terre* » étudie la vie du sol et son fonctionnement à travers les populations de lombrics ;
- « *Sauvages de ma rue* » cible les facteurs de la répartition de la flore sauvage en milieu urbain ;
- « *Oiseaux des jardins* » suit leur évolution dans l'environnement proche en installant des mangeoires ;
- « *BioLit* », acronyme de Biologie du Littoral, étudie l'évolution des populations d'algues brunes et de bigorneaux sur le littoral Atlantique-Manche et Mer du Nord.

Si l'exploitation du terrain est cadrée par un protocole scientifique à respecter, le programme VNE laisse à l'enseignant une grande liberté dans le choix de ses visées d'apprentissage et de ses modalités d'enseignement.

Cadre théorique

Notre recherche vise à caractériser les pratiques enseignantes déclarées et s'inscrit dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique d'étude des pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002). La pratique enseignante est, ici, définie comme étant « tout ce qui se rapporte à ce que l'enseignant pense, dit ou ne dit pas, fait ou ne fait pas, sur un temps long, que ce soit avant, pendant, après les séances de classe » (Robert, 2008, p. 59).

Si la description des pratiques observées permet d'accéder aux gestes professionnels, aux conduites de classe et aux interactions langagières avec les élèves, elle ne permet pas à elle seule d'accéder à la pensée de l'enseignant avant, pendant et après la classe, ou de rendre compte des choix qu'il opère. C'est pourquoi l'analyse des pratiques déclarées est complémentaire de celle des pratiques observées. Nous définissons, ici, la pratique déclarée comme un discours portant d'une part sur les intentions que l'enseignant dit assigner à son projet pédagogique en termes d'objectifs d'apprentissage, et d'autre part sur les actions qu'il dit mettre en œuvre pour intégrer les protocoles VNE dans son projet pédagogique. Notons que cette étude qui s'appuie sur du déclaratif ne constitue qu'une approche de la réalité, partielle, et relève d'une phase exploratoire préalable à une étude, en cours, sur les pratiques effectives.

Les pratiques enseignantes étudiées, dans le cadre de VNE, ont la particularité d'inclure des activités naturalistes où le terrain est un incontournable de la séquence d'enseignement. Les potentialités didactiques et éducatives offertes par le terrain ont été largement explorées dans le champ de l'enseignement hors la classe ou *outdoor education* (Ayotte-Baudet, Potvin, Lapierre & Glackin, 2017 ; Lock, 2010 ; Rickinson, Dillon, Teamey, Morris, Choi, Sanders & Benefield, 2004) et dans l'enseignement formel où il a été montré que le terrain, en tant que passage obligé pour accéder aux données, apparaît comme un objet complexe où se joue l'articulation entre des savoirs empiriques et les savoirs théoriques (Orange, Beorchia, Ducrocq & Orange 1999 ; Coquidé, Bourgeois-Victor & Desbeaux-Salviat, 1999).

Notre recherche se focalise donc sur les intentions et les actions déclarées par les enseignants dans le but de cerner les objectifs d'apprentissage, les stratégies d'enseignement, les modèles pédagogiques référents, la culture et les normes partagées d'un groupe professionnel. L'étude des pratiques déclarées est alors un moyen d'accéder au positionnement des enseignants par rapport à VNE dans le but de faire émerger des profils d'enseignant, c'est-à-dire un ensemble de caractéristiques partagées par plusieurs enseignants aussi bien du point de vue intentionnel qu'actionnel.

Questions de recherche

Nous cherchons à caractériser les pratiques déclarées des enseignants, afin de comprendre comment ils s'approprient ce programme de sciences participatives VNE. Notre étude se focalise sur deux questions de recherche complémentaires, la première porte sur les

intentions des enseignants à participer à VNE et la seconde sur la mise en œuvre de VNE avec leurs élèves.

QR1. Dimension intentionnelle

Dans le cadre de leur projet pédagogique, quels sont les objectifs déclarés des enseignants en termes de participation de leur part et de la part de leurs élèves à VNE ?

Cherchant à dégager d'éventuelles régularités au sein de l'échantillon d'enseignants étudiés, nous faisons l'hypothèse de l'existence de profils d'intentions déclarées en termes d'objectifs d'apprentissages.

QR2. Dimension actionnelle

Concernant la mise en œuvre de VNE, nous ciblons plus précisément comment les enseignants déclarent-ils mettre en œuvre les protocoles VNE avec leurs élèves ? Quelle est la place du protocole VNE dans la séquence d'enseignement (*e.g.* construction de problème, résolution de problème, réinvestissement, illustration) ? Comment l'activité de terrain est-elle préparée et réalisée avec les élèves ?

Là encore, nous faisons l'hypothèse de l'existence de profils de pratiques déclarées concernant la mise en œuvre de VNE.

Méthodologie

Recueil des données

Pour réaliser cette étude, nous avons fait le choix de proposer un questionnaire en ligne¹ à un large panel d'enseignants du premier et du second degré. Deux questions fermées jouent un rôle essentiel dans notre étude des intentions des enseignants :

- la première : « Indiquez pour vous l'importance de chaque objectif ». L'analyse se fonde sur deux modalités de réponse : “pas ou peu important” et “important ou très important” ;
- la seconde : « Pourquoi avez-vous mis en œuvre Vigie-Nature École ? ».

Trois questions portent sur la mise en œuvre des activités VNE : la place dans la séquence d'enseignement, la préparation du protocole avec les élèves et sa mise en œuvre sur le

¹ <https://goo.gl/Y7Vmdz>

terrain. Pour chacun de ces trois aspects, une classification hiérarchique des enseignants fondée sur leurs réponses à ces questions a été réalisée pour dégager des groupes d’enseignants répondant de la même façon ainsi que des profils de réponses. La spécificité de chaque groupe est déterminée en analysant leurs profils de réponses.

Méthodologie pour la recherche de profils de pratiques déclarées

Nous avons fait le choix d’analyser séparément les différentes questions avec une classification hiérarchique ascendante qui répartit les individus en groupes. La hiérarchie s'appuie sur le calcul de distances entre individus et une méthode d’agrégation qui permet de créer les groupes². Pour réaliser ces classifications, les réponses des enseignants aux items d’une question donnée sont considérées comme une matrice de 99 lignes (le nombre d’enseignants) et p colonnes (les items qui définissent des variables qualitatives à 2 classes : “Important ou très important”, “Pas ou peu important”).

Ces matrices de réponses sont ensuite transformées en tableaux disjonctifs complets. À partir de chaque tableau disjonctif, une matrice de distance entre enseignants est calculée en déterminant la distance de Jaccard³ entre tous les enseignants.

Pour déterminer la spécificité de chaque profil, nous cherchons à cibler les modalités de réponses qui caractérisent un groupe d’enseignant. À cet effet, la matrice des réponses est représentée graphiquement en colorant en gris les réponses “important ou très important” et en blanc les réponses “pas ou peu important”. Pour mieux repérer les différences entre les groupes, les individus sont ordonnés dans cette matrice selon l’ordre des enseignants obtenu dans la classification hiérarchique d’intérêt.

² L’algorithme de classification (fonction `hclust` du logiciel R) regroupe les individus présentant la distance la plus faible, c’est-à-dire les individus les plus semblables. Il faut ensuite calculer une nouvelle distance entre ce premier groupe formé et les autres individus. La méthode d’agrégation de Ward est utilisée à cet effet. Elle consiste à regrouper les classes de façon à ce que l’augmentation de l’inertie entre les classes soit maximale. L’algorithme aboutit à un arbre appelé dendrogramme.

³ La distance de Jaccard est un indice de similarité donnant du poids au nombre de fois où deux individus ont une même modalité de réponse.

Résultat et discussion

Descriptif des répondants

En tout, 99 enseignants ont participé au programme VNE ; ce sont majoritairement des femmes (72 %) et des professeurs du second degré (65 %). Ces professeurs de collège-lycée enseignent tous les sciences de la vie et de la Terre (SVT⁴), à l'exception d'un professeur de technologie. Si ce sont, pour la plupart, des professeurs expérimentés (71 % enseignent depuis plus de dix ans), ils ne participent à VNE que depuis un an pour 60 % d'entre eux.

Notons que 68 % de l'échantillon étudié a suivi une formation initiale scientifique en biologie, ce qui correspond globalement aux enseignants de SVT (64 %). Les professeurs des écoles de notre échantillon sont très largement issus d'une formation non scientifique ou bien scientifique mais autre que biologique.

En termes d'engagement, la majorité des enseignants (64 %) n'a participé qu'à un seul observatoire. Seuls quelques professeurs ont participé à six observatoires sur sept, attestant d'un engagement très important dans le programme VNE. Le diagramme de Venn (figure 1) indique le nombre de fois où un protocole a été mis en place, ainsi que les combinaisons de protocoles réalisés. Cette figure montre que les observatoires sont très inégalement mis en œuvre. Deux observatoires sortent du lot avec plus d'un participant sur cinq : « Opération escargots » (26 %) et « Placettes à vers de terre » (23 %). Ce diagramme montre que toutes les combinaisons de protocoles sont réalisées par les enseignants.

⁴ Sciences de la Vie et de la Terre

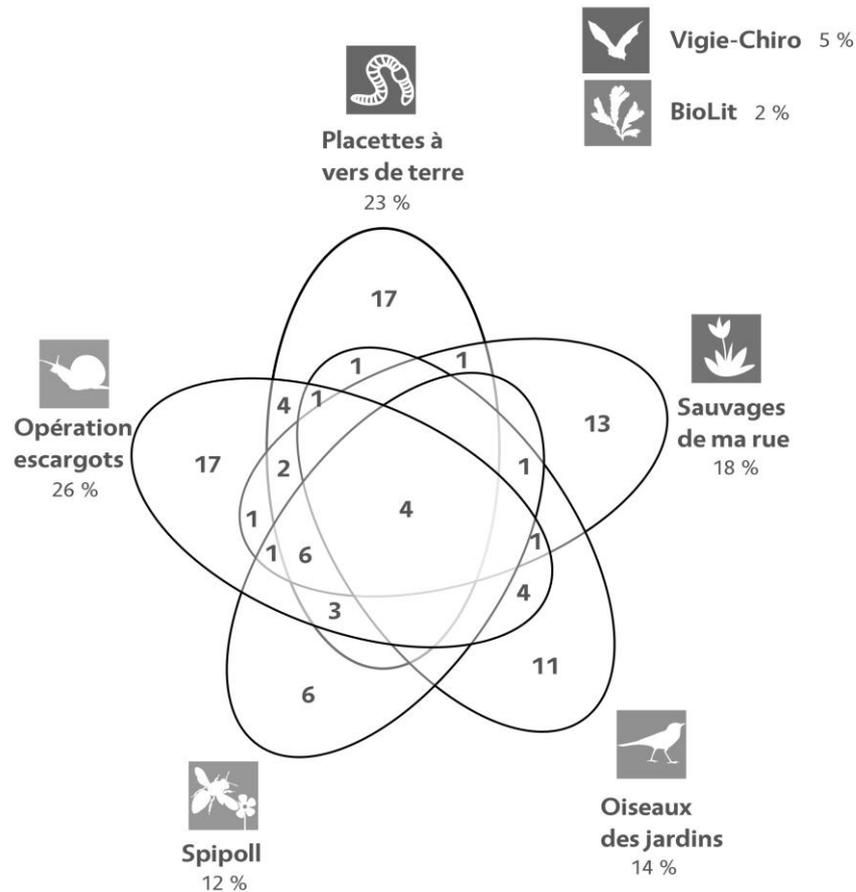


Figure n°1 : Diagramme de Venn de la mise en œuvre des cinq protocoles les plus exploités. Le pourcentage des deux autres est indiqué en haut à droite (Vigie-Chiro et BioLit)

Les professeurs indiquent choisir les protocoles qu'ils estiment les plus simples (34 %), en lien avec le programme scolaire (30 %) et dont le groupe biologique (oiseaux, insectes, etc.) est jugé intéressant (28 %). Une plus faible proportion (8 %) déclare choisir l'observatoire pour une autre raison (*e.g.* relation avec le projet d'école, sortie en bord de mer, compatibilité avec les saisons ou enfin adaptation au jeune âge des enfants).

Analyse des intentions des enseignants

Le diagramme en toile d'araignée (figure 2) montre que onze des treize items proposés sont jugés importants ou très importants par plus de 80 % des répondants. Ce résultat est cohérent avec les potentialités multiples du dispositif. Nous discuterons des différentes intentions en regroupant les objectifs en cinq thématiques.

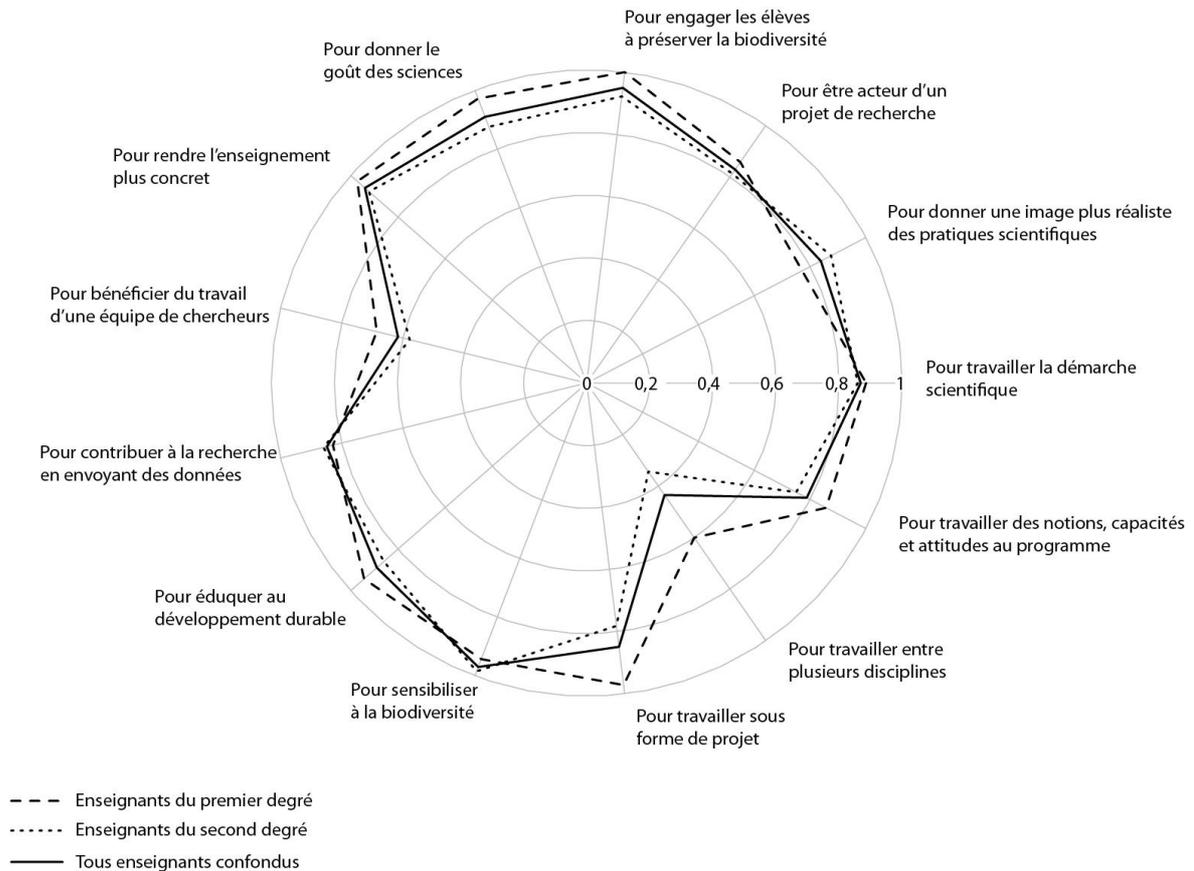


Figure n°2 : Diagramme en toile d'araignée indiquant la proportion d'enseignants estimant un objectif important ou très important

Enseigner la biodiversité par le terrain

Les objectifs importants ou très importants pour les professeurs du premier et du second degré sont de sensibiliser les élèves à la biodiversité (97 %), de les engager à préserver la biodiversité proche à partir des connaissances acquises (95 %) et de les éduquer au développement durable (89 %). Ces objectifs sont en lien avec des attentes institutionnelles fortes. Le terrain est également envisagé pour rendre concret leur enseignement (94 %).

Contribuer à la recherche

L'inscription à un dispositif de sciences participatives comme celui de VNE implique d'envoyer le relevé des observations aux chercheurs. Or, ici, seul un peu plus de la moitié (53 %) des enseignants a envoyé ses observations aux chercheurs du MNHN.

Ceux n'ayant pas transmis leurs données ont évoqué les raisons suivantes (plusieurs réponses possibles par personne) :

- manque de temps et/ou oubli (cité par 45 % des personnes n'ayant pas saisi leurs données) ;

- manque de confiance dans les résultats obtenus (30 %) ;
- difficultés informatiques pour transmettre les résultats (23 %) ;
- nombre trop faible d'individus observés, voire une absence d'individus, lors de la récolte des données (11 %).

Enseigner les sciences dans ses différents enjeux

En cohérence avec les objectifs assignés au dispositif VNE par les chercheurs du MNHN⁵, ce programme d'étude de la biodiversité est un moyen pour les enseignants de « donner le goût des sciences » aux élèves (91 %), un levier pour travailler une démarche scientifique (87 %), et permet de « donner une image plus réaliste des pratiques scientifiques » (84 %), ce qui peut contribuer à modifier l'image de la nature de la science chez les élèves. Enfin, les enseignants voient dans VNE une façon de « travailler des notions, des capacités et des attitudes au programme » (79 %).

Mobiliser plusieurs disciplines

Un test du Chi² a permis de montrer que les professeurs des écoles sont significativement plus nombreux que les professeurs du secondaire à estimer l'interdisciplinarité comme importante ou très importante lors de la participation à VNE (p-value = 0,001). Cet écart est probablement lié à la polyvalence des professeurs des écoles face à la spécialisation des professeurs de collège-lycée.

Enseigner par projet

Travailler une démarche de projet est un objectif important ou très important pour une large majorité des participants (85 %). Cependant, cet item est clivant entre professeurs du premier et du second degré avec près de vingt points d'écart. Pour la presque totalité des professeurs des écoles, travailler sous forme de projet dans le cadre de VNE est important ou très important. Nous supposons que cet écart est lié à une différence de culture professionnelle, laissant davantage de place à la pédagogie de projet à l'école primaire

Analyse de la mise en œuvre VNE

Trois questions portent sur la mise en œuvre des activités VNE : la place dans la séquence d'enseignement, la préparation du protocole avec les élèves et sa mise en œuvre sur le

⁵ Musée National d'Histoire Naturelle de Paris

terrain. Etudions tout d’abord le rôle donné à VNE dans la séquence d’enseignement (figure 3). A priori VNE peut exercer différentes fonctions : pour débiter l’enseignement de façon motivante, problématiser la séquence, apporter des données pour résoudre un problème ou enfin pour réinvestir des acquis. Globalement, la classification laisse apparaître des profils de réponses très contrastés en intégrant VNE à des moments bien distincts de la séquence.

Déclaration du rôle de VNE dans la séquence

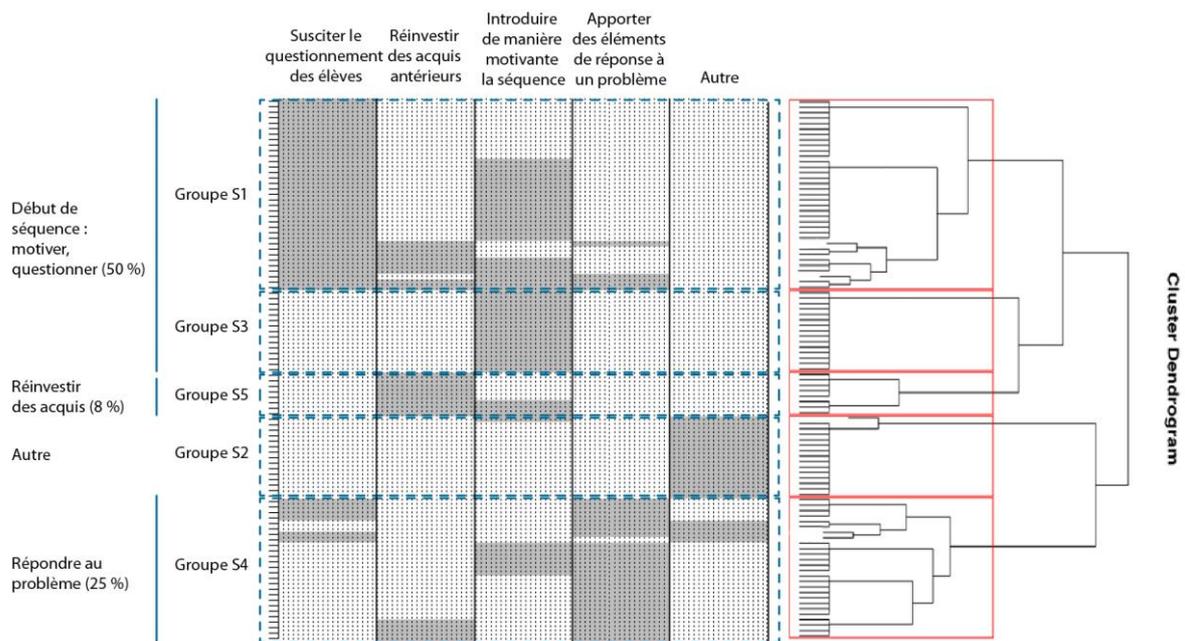


Figure n°3 : Matrice de réponses portant sur le rôle de VNE dans la séquence d’enseignement (groupes nommés S pour “séquence”). En gris : item important ou très important; en blanc : item pas ou peu important. Chaque ligne de la matrice correspond à un individu

Deux groupes (S1 et S3) utilisent VNE en début de séquence : ils rassemblent la moitié des participants. Le groupe S1 (35 %), bien que relativement hétérogène, se caractérise principalement par deux items : mettre en œuvre VNE en début de séquence pour « susciter le questionnement des élèves » (100 % des individus de ce groupe) et « introduire de manière motivante une séquence » (60 %). Le groupe S3 (15 %), très homogène, utilise VNE dans l’unique but de motiver les élèves et non de susciter le questionnement comme c’était le cas dans le groupe précédent. Le groupe S5 (8 %) place VNE en fin de séquence afin de réinvestir des acquis antérieurs. Le groupe S4 (25 %) est relativement hétérogène mais se caractérise par le recours à VNE en cours de séquence pour apporter des éléments de réponse à un problème. Le groupe S2 (15 %) se

différencient fortement des autres enseignants car ils insèrent VNE dans un autre cadre, qu'il s'agisse d'un club ou d'activités prenant place durant la récréation ou l'accompagnement personnalisé. Globalement, la classification laisse donc apparaître des profils très contrastés en intégrant VNE à des moments bien distincts de la séquence.

Déclaration sur la préparation du protocole

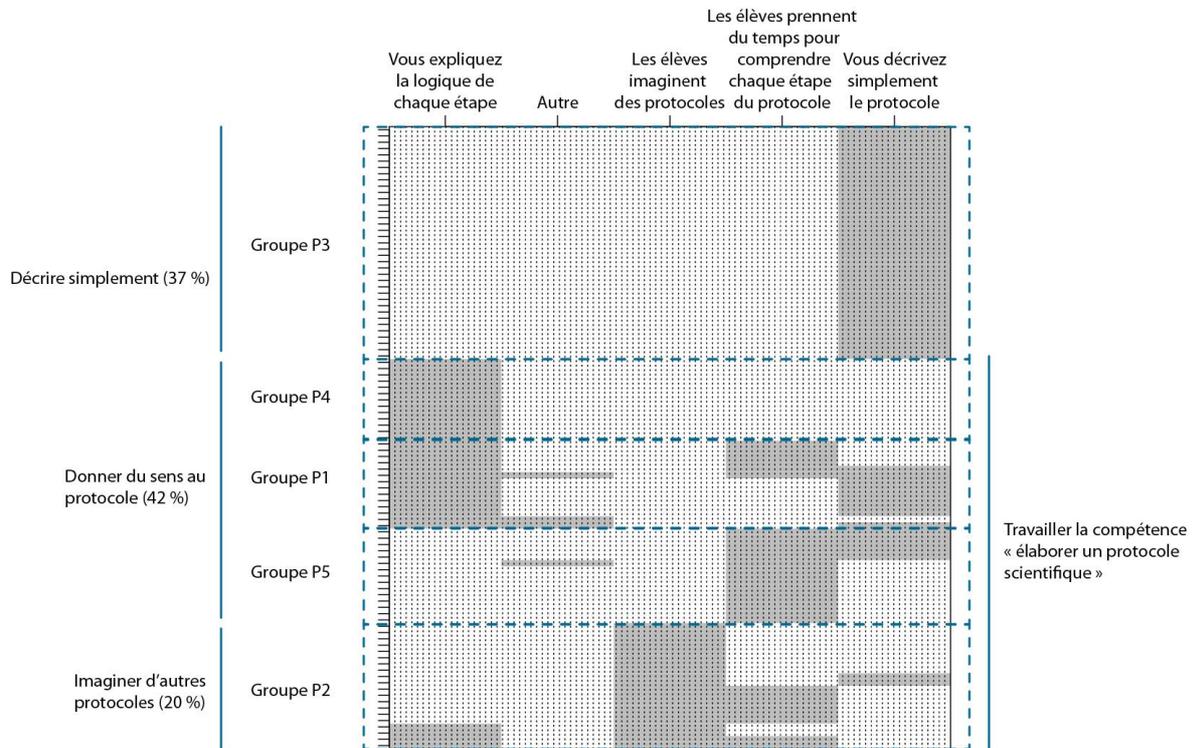


Figure n°4 : Matrice de réponses portant sur la préparation de l'activité « protocole ». Groupes nommés P pour « préparation ». En gris : item important ou très important; en blanc : item pas ou peu important. Chaque ligne de la matrice correspond à un individu

Le groupe P3 (37 %) est homogène et rassemble des enseignants qui déclarent décrire simplement le protocole aux élèves avant de le mettre en œuvre sur le terrain, mais sans prendre le temps d'en expliquer la logique ou de laisser aux élèves le temps d'imaginer par eux-mêmes un protocole d'étude de la biodiversité. Nous pouvons donc supposer que ces enseignants n'utilisent pas VNE afin de développer chez leurs élèves des compétences liées à l'élaboration d'un protocole scientifique, mais mettent l'accent sur la mise en œuvre.

Les trois groupes P4, P1 et P5 rassemblent (42 %) qui témoignent de la volonté que les élèves comprennent la logique du protocole et lui donnent du sens, soit en l'expliquant aux

élèves (groupes P1 et P4), soit en laissant aux élèves le temps de comprendre par eux-mêmes chaque étape du protocole (groupe P5 et une partie du groupe P1).

Enfin, le groupe P2 (20 %) se distingue des autres par le fait de laisser les élèves imaginer d'autres protocoles possibles pour étudier la biodiversité, ouvrant la possibilité à une comparaison avec le protocole VNE et construire les critères de validité d'un protocole scientifique. La conception de protocole est une phase importante dans une démarche scientifique, mais complexe en raison des allers retours entre le protocole, le problème étudié et les hypothèses testées (Sanchez, Monod-Ansaldi, Devallois, & Marzin, 2010).

Déclaration sur la mise en œuvre du protocole sur le terrain

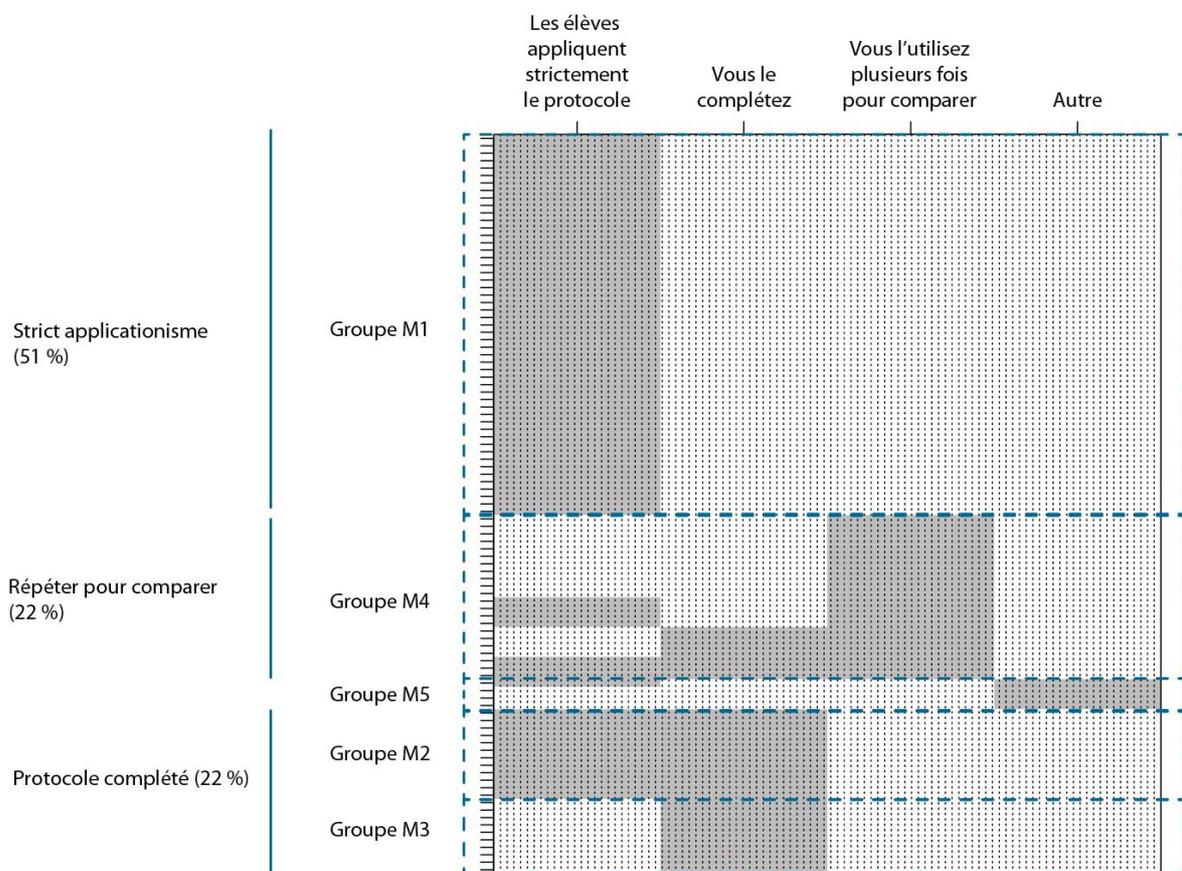


Figure n°5 : matrice de réponses portant sur la mise en œuvre de VNE sur le terrain. Groupes nommés M pour « mise en œuvre ». En gris : item important ou très important; en blanc : item pas ou peu important. Chaque ligne de la matrice correspond à un individu

Le groupe M1 majoritaire (51 %) se limite à une application stricte du protocole, sans le compléter ni le répéter dans un but de comparaison spatiale ou temporelle. Nous pouvons donc qualifier cette mise en œuvre de « strict applicationniste ». Le groupe M4 (22 %) se caractérise par la mise en avant d'une répétition du protocole afin de réaliser une

comparaison. Les groupes M2 et M3 rassemblent 22 % déclarent compléter le protocole, par l'analyse de facteurs supplémentaires ou en utilisant des ressources complémentaires. Le groupe M5 (5%) n'a fait aucune de ces activités.

Le tableau ci-dessous présente les principaux profils concernant la mise en œuvre de VNE.

Place de VNE dans la séquence	
Au début pour problématiser et motiver ou seulement pour motiver	50 %
En cours de séquence pour apporter des éléments de réponse au problème	25 %
En fin de séquence pour réinvestir les acquis antérieurs	8 %
Préparation du protocole en classe avant sa réalisation sur le terrain	
Décrire simplement le protocole	37 %
Comprendre la logique du protocole	42 %
Imaginer d'autres protocoles possibles	20 %
Réalisation du protocole sur le terrain	
Stricte application du protocole sans activités complémentaires	51 %
Répétition du protocole pour comparer (des milieux ou au cours du temps)	22 %
Compléter le protocole / enrichir l'étude par d'autres facteurs	22 %

Tableau n°1 : Principaux profils de mise en œuvre de VNE mis en évidence à partir du déclaratif des enseignants

Le travail autour du protocole est réalisé de façon très distincte allant de la simple explicitation à la compréhension fine, voire la recherche d'autres protocoles possibles ; ce qui nous semble traduire un degré d'attachement variable au développement de la compétence des élèves à élaborer un protocole scientifique. Enfin, si une majorité se limite à la stricte application du protocole, d'autres le complètent ou le mettent en œuvre à plusieurs reprises dans une perspective comparative. Ces différentes façons d'intégrer une étude de terrain, de préparer la mise en œuvre d'un protocole scientifique et de le réaliser sont-elles spécifiques de l'exemple singulier qu'est VNE ou sont-elles révélatrices des conceptions pédagogiques des enseignants et de leurs pratiques habituelles ?

On note aussi que la transmission des données aux chercheurs est parfois liée au nombre d'individus d'une espèce biologique. Certains enseignants ne remontent pas un nombre d'individus qu'ils considèrent comme trop faible ou même l'absence d'individus sur le terrain. Ce résultat interroge quant à la représentation d'une démarche scientifique. En effet, l'absence d'individus constitue en soi un résultat important pour les chercheurs en écologie et intéressant à exploiter en classe.

Parmi les variables explicatives potentielles étudiées, seul le niveau d'enseignement est significativement lié à certaines réponses (interdisciplinarité, pédagogie de projet et place

dans la séquence de VNE d'enseignement). Cette étude exploratoire sera prolongée par une recherche portant sur les pratiques effectives qui devrait permettre de mieux saisir les déterminants mis en jeu.

Conclusion

Si la dimension de sciences participatives de VNE est fortement mise en avant par les enseignants, un écart important est constaté quant à la contribution effective à la recherche. En effet, la moitié des participants déclarent ne pas transmettre leurs données aux chercheurs pour des raisons variées. Ce résultat semble traduire un écart entre les objectifs de collecte de données des chercheurs et les objectifs de certains enseignants : la contribution à la recherche n'est finalement pas si importante pour certains enseignants, bien que l'affichant comme objectif. Le recours à plusieurs disciplines scolaires est faiblement mis en avant, avec moins d'une personne sur deux, mais significativement plus par les professeurs des écoles. Nous supposons que ce résultat est en relation avec la polyvalence des professeurs des écoles et avec leur différence de culture professionnelle. Les profils sur les intentions sont peu contrastés tandis que la dimension actionnelle des pratiques déclarées révèle au contraire des profils très contrastés, témoignant de mises en œuvre différentes et caractérisant un niveau variable d'appropriation de VNE.

Bibliographie

- Ayotte-Beudet, J.-P., Potvin, P., Lapierre, G., & Glackin, M. (2017). Teaching and Learning Science Outdoors in Schools' Immediate Surroundings at K-12 Levels: A Meta-Synthesis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 5343-5363.
- Bœuf, G., Allain, Y. M., & Bouvier, M. (2012). *L'apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité*. Rapport remis à la ministre de l'Écologie.
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. (2009). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. *A CAISE Inquiry Group Report*. Washington D.C.: Center for the Advancement of Informal Science Education (CAISE).
- Coquidé, M., Bourgeois-Victor, P., & Desbeaux-Salviat, B. (1999). « Résistance du réel » dans les pratiques expérimentales. *Aster*, 28, 57-77.
- Couvet, D., Jiguet, F., Julliard, R., Levrel, H., & Teyssedre, A. (2008). Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy. *Interdisciplinary Science Reviews*, 33(1), 95-103.
- Lock, R. (2010). Biology fieldwork in schools and colleges in the UK: an analysis of empirical research from 1963 to 2009. *Journal of Biological Education*, 44 (2), 58-64. doi : 10.1080/00219266.2010.9656195

- Orange, C., Beorchia, F., Ducrocq, P. & Orange D. (1999). « Réel de terrain », « réel de laboratoire » et construction de problèmes en sciences de la vie et de la Terre. *Aster*, 28, 107-129.
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). *A review of research on outdoor learning*. Londres: National foundation for educational research and King's college London.
- Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (dir.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (p. 59-68). Toulouse : Octares.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528.
- Sanchez, É., Monod-Ansaldi, R., Devallois, D. & Marzin, P. (2010). Concevoir des protocoles expérimentaux en sciences de la vie et de la Terre. Deux expérimentations en classe de terminale. *Biologie-Géologie*, 1, 135-147.

La pratique du questionnement dans l'enseignement de la physique dans le secondaire

Pélessier, Lionel ⁽¹⁾, Witczak, Nathalie ⁽²⁾

⁽¹⁾EFTS, Université Toulouse Jean Jaurès-ENSFEA, France

⁽²⁾Collège Robert Doisneau, Dammarie-les-Lys, France

Genèse de l'étude

Ce chapitre traite d'une étude qui se situe dans le cadre d'une recherche en cours sur l'enseignement de la pratique du questionnement dans l'enseignement des sciences physiques dans le second degré en France. Depuis les années 2000, les instructions officielles (BOEN, 1999, 2000, 2010) portant sur l'enseignement des Sciences dans le secondaire évoquent dans leurs préambules la nécessité de faire apprendre des contenus scientifiques, mais aussi d'initier, au mieux de former les élèves à des pratiques scientifiques, désignées sous les termes de « démarche d'investigation » ou bien encore de « démarche scientifique ». Les fondements de ces démarches s'appuient d'une part sur des modèles canoniques des démarches académiques par lesquelles les savoirs scientifiques sont élaborés dans les institutions scientifiques, et trouvent d'autre part leur légitimité dans les théories constructivistes de l'apprentissage (Bächtold, 2012).

Nous nous préoccupons ici de la phase de la démarche qui porte sur le questionnement car nous faisons l'hypothèse générale qu'à l'image de la place centrale qu'occupe la formulation des questions dans la recherche scientifique, la réussite de son élaboration en classe pourrait contribuer fortement à l'engagement des élèves dans les situations proposées par l'enseignant, et favoriser l'appropriation des savoirs à l'étude.

Cependant, on peut constater que la transposition des pratiques de questionnement dans le texte du savoir à enseigner est peu explicite, que ce soit dans les manuels scolaires et les

ressources pour la classe : l'analyse de divers textes officiels (BOEN du cycle 3 au cycle terminal, rapports IGEN¹) nous a permis de construire la carte ci-dessous, donnant un aperçu général des locutions relatives aux termes de « question » et de « problème ». Il apparaît des expressions dans lesquelles les termes de problème, problématique et question sont utilisés séparément (ex : « identifier la question de nature scientifique », cycle 4 ; « s'appropriier la problématique », seconde, MPS²), ou bien sont associés, voire parfois synonymes (ex : « formuler une question ou une problématique scientifique » cycle 3), mais sans que jamais ces termes soient clairement définis. Le lien que nous avons inféré de cette analyse entre les pôles « question scientifique » et « problème » est celui de la « pratique du questionnement » (IGEN, 2011), présentée comme une « capacité » à acquérir par les élèves. Cependant, la distinction entre problème et question semble aller de soi : nous n'avons à aucun moment trouvé de distinction explicite entre ces deux termes.

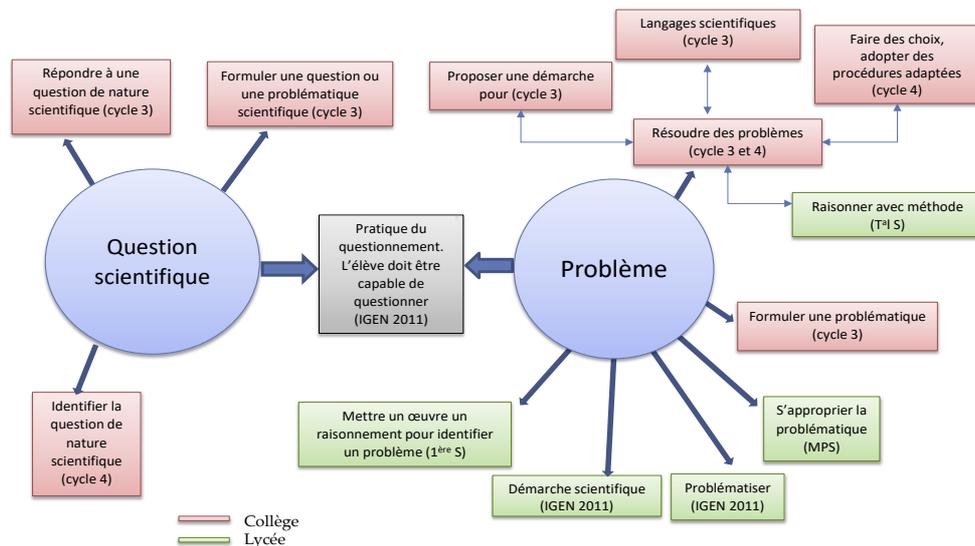


Figure n°1 : Carte des occurrences des termes « question » et « problème » et de leurs relations dans les programmes d'enseignement du secondaire et des rapports de l'IGEN de Physique Chimie

Pourtant, Bachelard (1938, p. 14), constituant une des références les plus citées dans les travaux de didactique des sciences, juxtapose dans un même paragraphe les deux termes de question et de problème, laissant penser qu'ils sont synonymes³. Nous avons à partir de ce

¹ Inspection générale de l'Éducation Nationale

² Méthodes et pratiques scientifiques

³ « L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et

constat cherché à distinguer *a priori* les termes de question et de problème, et les rôles qu'ils tiennent dans le *questionnement*, afin de construire un cadre d'analyse pour étudier des pratiques de questionnement dans l'enseignement de la physique dans le secondaire.

Question vs problème

Boilevin (2005) explique que le terme de question a été progressivement remplacé par celui de problème dans l'histoire de la langue française, mais que le premier est resté en vigueur dans le domaine de la physique : on parle de « *question de physique* » pour parler de « *problème de physique* ». Il propose toutefois un premier niveau de distinction, permettant au problème de bénéficier d'un statut plus pertinent en tant que situation d'apprentissage : « *une question appelle en général une réponse alors qu'un problème appelle une procédure de résolution* » (*ibid.* p.15). Dumas-Carré & Goffard (1997, cité par Boilevin, 2005) précisent que les aspects question et problème sont associés : « *pour qu'il y ait problème, il doit y avoir une question qui a du sens et nécessite une réponse qui n'est pas connue. La résolution d'un problème consiste à élaborer un raisonnement qui conduit de la question à la réponse, en utilisant des connaissances déjà acquises.* » Elles insistent aussi sur le fait que dans le premier cas, seul le résultat obtenu compte alors que dans le second cas, le résultat importe peu d'un point de vue pratique, c'est la façon dont il a été obtenu qui importe (*ibid.*, p. 17). Le propre de ces travaux est d'avoir porté sur la résolution d'un problème posé par l'enseignant alors que ceux d'autres auteurs se sont penchés sur la construction du problème comme processus d'apprentissage en sciences.

Les travaux conduits par Orange et Fabre⁴ ont porté sur l'apprentissage par problématisation (Orange & Fabre, 1997 ; Fabre, 2005, 200 ; Orange, 2005), abordé du point de vue épistémologique à partir des travaux de Dewey, de Bachelard et de Popper. Ce cadre vise à identifier les conditions nécessaires à la construction par les apprenants d'un problème et à sa résolution et surtout réifie l'importance de la première par rapport à la seconde. Le processus de problématisation constitue un ensemble d'opérations visant à déterminer des données et des conditions (position et construction du problème) et à

quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. »

⁴ La plus grande partie de ces études concernent les Sciences de la vie de la Terre

générer un certain nombre d'hypothèses de solutions à tester au regard de ces données et conditions (résolution du problème). Le processus de position, construction, résolution du problème s'articulent dans un va-et-vient, tantôt descendant vers les solutions possibles et tantôt remontant vers le problème posé pour le reformuler.

Cadre théorique et question de recherche

Notre étude vise la compréhension des pratiques d'enseignement de la physique en réponse à une commande institutionnelle particulière, en l'occurrence celle de l'*enseignement de la pratique du questionnement*. Les tâches proposées par les enseignants dans les séances que nous avons observées nous incitent à penser davantage la pratique observée comme relevant des phases de position et de construction du problème, mais découplées de la phase de résolution, alors que ces trois phases sont inséparables lorsqu'on pense apprentissage par problématisation. Ainsi, reprenant les propos de Fabre (2009) :

« Problématiser, c'est donc développer un questionnement visant à identifier les données et les conditions du problème et à les mettre en tensions. De cette interaction résultent des hypothèses de solutions qui seront ensuite validées ou non. Les données, formulées dans des propositions factuelles et qui ont le statut de contraintes, sont présentes dans la situation ou peuvent être rajoutées au fur et à mesure de l'apprentissage par les élèves ou l'enseignant. Elles sont choisies en fonction de leur pertinence et de leur adéquation aux conditions. Les conditions concernent les critères, les principes, les concepts qui commandent le processus de problématisation. Ce sont des nécessités dont il faut absolument tenir compte dans la construction et dans la résolution du problème. »

Mobiliser à la fois le concept de problème ouvert et ceux de situation et de référence (Fabre et Orange ont précisé ce dernier à travers les concepts de conditions nécessaires et données contraignantes du problème) nous permet d'envisager les pratiques observées du questionnement comme relevant d'un processus de fermeture d'un problème ouvert, ou bien d'un passage entre un problème ouvert et ce que nous appellerons un « problème fermé ».

Le problème ouvert est défini comme une question posée en termes de phénomènes et d'objets ; le problème fermé (ou question scientifique), quant à lui, prend la forme d'une question posée sous forme directe ou indirecte, dans un langage scientifique spécifique, comme une grandeur physique à déterminer, appelant la nécessité d'une méthode scientifique pour y répondre. Dans la suite, nous utiliserons de manière indistincte les termes de « problème fermé » et de « question scientifique ».

La situation rend compte de l'ensemble des interactions entre le sujet et l'environnement, et plus particulièrement l'environnement « *expérencé du sujet* » (*ibid.*), constitué des objets de l'environnement avec lesquels le sujet entretient un rapport d'expérience, qu'elle soit d'ordre scientifique ou non. Alors que la situation est au départ indéterminée, l'enquête « la transforme en une situation si déterminée en ses distinctions et relations constitutives qu'elle convertit les éléments de la situation originelle en un tout unifié » (Dewey, 1967).

Le concept de référence renvoie à différents éléments : à « ce qui est présent, réellement présent dans la situation », « ce qui a le statut de contraintes, ce que je me vois obligé de prendre en compte », « ce qui s'avère connu » (Fabre, 2006). Ces éléments peuvent être constitués d'objets de savoir mis à disposition des élèves, et de données du problème ouvert.

Le questionnement comme fermeture d'un problème ouvert

Ces concepts nous permettent de poser la question de l'analyse de la pratique du questionnement sous l'angle du passage d'un problème ouvert à un problème fermé, qui nécessite une situation pour articuler des références (données et conditions) pour formuler une question scientifique. Le questionnement consiste ainsi à fermer le problème ouvert en appui d'une situation appropriée, dont la constitution initiale relève de l'enseignant, pour y puiser à cette fin des références pertinentes au regard des conditions du problème. La situation indéterminée est ainsi initialement nécessaire pour qu'un sujet puisse réaliser un « passage » entre un problème ouvert et un problème fermé, considéré comme tel par le sujet dès qu'il est en mesure de mettre en lien des données de cette situation initiale et des conditions pertinentes au regard du problème ouvert.

Ce modèle, que nous avons élaboré dans un aller-retour entre les concepts ci-dessus et les premières observations, est proposé dans le schéma (figure 2).

Exemple de fermeture de problème

Chercher à savoir si l'on peut ou non laisser fermé un récipient totalement rempli d'eau alors qu'il est exposé longuement à une température ambiante « négative », à laquelle l'eau est supposée « geler, constitue un exemple de problème ouvert.

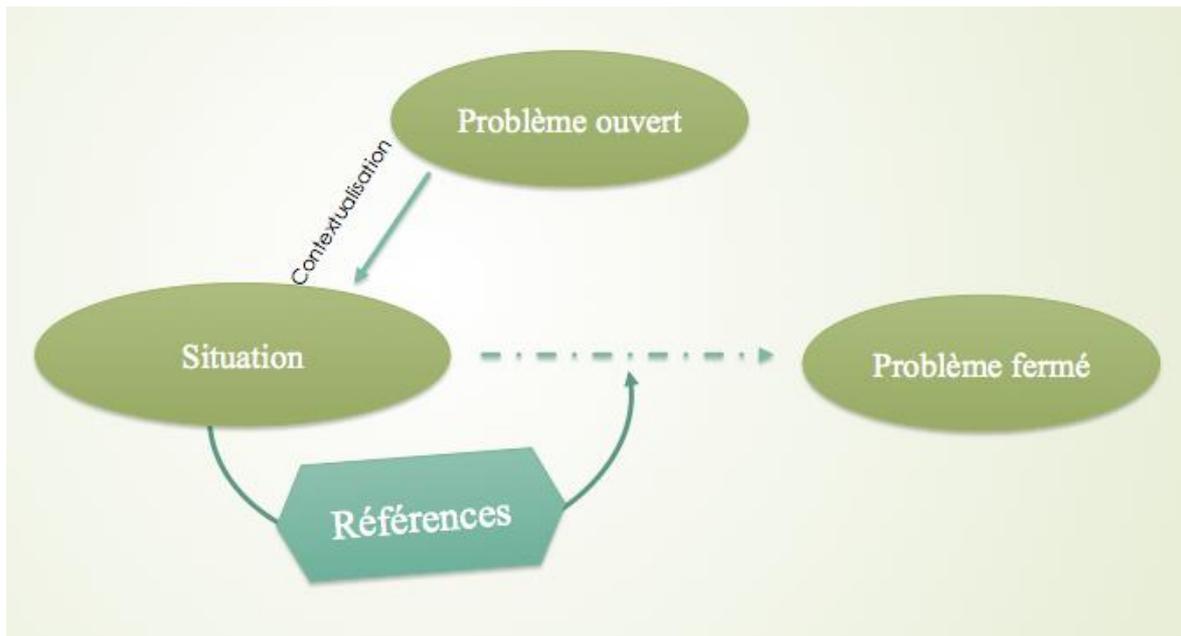


Figure n°2 : Passage d'un problème ouvert à un problème fermé

Dans cet exemple, la situation peut être sous des formes diverses qui peuvent varier sans changer la pertinence du problème. Elle peut être constituée de la narration d'une scène mettant en jeu deux élèves qui, à l'approche de l'été, rentrent de l'école et se demandent comment rendre une bouteille d'eau rapidement plus fraîche. Ils décident alors de la mettre au congélateur. Les enfants partent jouer et l'y oublient. De retour après un « long » moment pour récupérer leur bouteille, ils constatent que l'eau s'est solidifiée et que la bouteille en matière plastique s'est déformée (son volume a augmenté).

Ce problème sous-tend l'hypothèse suivante : la bouteille a été déformée, présente un volume plus grand car l'eau qui y est contenue a augmenté de volume en se solidifiant.

Pour fermer le problème, les élèves devraient s'appuyer sur des références, données et conditions, fournies durant la séance ou constituées de leurs connaissances scientifiques sur le sujet, à savoir :

Données :

- le volume de la bouteille a augmenté ;
- la température dans un congélateur est inférieure à 0°C ;
- l'eau est restée un grand moment dans le congélateur ;
- l'eau est passée de sa forme liquide à sa forme solide.

Conditions :

- le changement d'état de l'eau pure liquide vers l'eau pure solide se produit à 0°C ; elle est solide pour des températures inférieures à 0°C ;

- une quantité d'eau est mesurée par sa masse et/ou son volume ;
- la comparaison des valeurs de deux grandeurs physiques caractérisant un corps ne peut se faire que si les autres grandeurs sont par ailleurs égales. Autrement dit, on ne peut comparer deux volumes d'eau sous ses deux phases solide et liquide que si ces volumes correspondent à des masses égales.

Un problème fermé probable, articulant données et conditions du problème, pourrait alors être formulé de la manière suivante : supposant que la déformation du récipient provient du changement du volume du liquide qui y est contenu, le volume d'une masse donnée d'eau augmente-t-il lors de sa solidification ?

Questions de recherche

Nous inspirant de la recherche menée par Pélissier et Venturini (2016) à propos des modèles dans l'enseignement de la physique au lycée, nous nous sommes interrogés sur les pratiques d'enseignement du questionnement dans l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire, dans la mesure où les prescriptions institutionnelles à ce sujet sont ainsi à la fois exigeantes et prêtes à confusion, et que les enseignants de sciences physiques ont été peu accoutumés à cette pratique dans leur formation initiale et continue. Nous pensons que des pratiques d'enseignement et d'étude dont l'intention est de faire travailler les élèves sur des « problèmes » ou sur « le questionnement scientifique », devraient présenter des traits caractéristiques que l'analyse traduit en termes de problème ouvert, problème fermé, situation et références, observables agencées selon le processus décrit dans la figure 2. Comment les enseignants à qui s'impose la nécessité de former les élèves à des pratiques de questionnement s'y prennent-ils ? Que donnent-ils à voir aux élèves à ce sujet ? Quelles observables (problème ouvert, problème fermé, situation, références) sont présentes, absentes du processus étudié ? Comment s'articulent, s'organisent ces différentes observables lors d'une fermeture de problème ouvert ?

Méthodologie

Nous proposons d'analyser des pratiques de classe de sciences physiques pour décrire ce que les enseignants font, disent et donnent à faire aux élèves, quand il s'agit de les faire travailler sur ce moment particulier de l'activité scientifique qu'est le questionnement.

Il est important de noter à ce stade que nous avons opéré un glissement conceptuel à propos de la notion de situation. Nous n'avons pas utilisé ce concept dans toute la

complexité de sa définition initiale, qui prend en compte les rapports qu'entretiennent les élèves avec les éléments de la situation, autrement dit les éléments qui font « situation » pour eux, dont l'opérationnalité n'est pas accessible à travers cette méthodologie, à ce stade de l'étude. Nous avons rattaché à ce concept les éléments des données qui nous ont semblé susceptibles, de notre point de vue, de faire situation pour les élèves.

Analyse de séances de classe

Nous avons observé 3 séances de classes de niveaux scolaires différents (cinquième, première STI2D et terminale scientifique), conduites par trois professeurs expérimentés (Carole, André et Bruno), par ailleurs engagés dans les formations continue et initiale de professeurs en ESPE (Ecole Supérieure du Professorat et de l'Éducation).

Le recueil des données s'est déroulé en 3 étapes : les données principales sont constituées d'enregistrements audiovisuels de séances et leurs transcriptions pour deux des trois séances (en 1^{ère} STI2D et Terminale S), et des notes d'analyse prises à la volée pour la troisième (Collège) ; les séances ont été choisies en accord avec les enseignants en raison du travail spécifique qu'ils projetaient d'y conduire relativement à nos questions de recherche. Les données recueillies ont été complétées par diverses traces :

- les réponses à un questionnaire soumis aux enseignants ;
- la transcription d'un entretien semi-dirigé « ante-séance » réalisé avec chacun d'eux, afin de connaître leurs points de vue sur la signification des termes de question et de problème, les contenus et les démarches d'enseignement qu'ils mettent en œuvre avec leurs élèves autour du questionnement en science ;
- les documents distribués par l'enseignant aux élèves ;
- les transcriptions d'entretiens « post-séance » ciblés sur le point de vue « à chaud » de l'enseignant sur le déroulement de la séance, toujours relativement à nos questions de recherche.

L'analyse du corpus s'est déroulée dans un va-et-vient entre le corpus des données et le modèle de passage du problème ouvert au problème fermé (cf. fig.2). Cette analyse comporte deux étapes :

Etape n°1 : Analyse de la structure de l'activité proposée par le professeur

Nous avons identifié dans la trame de l'activité proposée des indicateurs (registres de vocabulaire scientifique, de phénomènes, d'objets, de contexte, ...) qui peuvent rendre compte de la présence des observables citées précédemment (situation, problème ouvert, problème fermé, référence).

Pour ce qui concerne les éléments de contexte, constitutifs de la situation, les objets identifiés sont souvent un texte, un document, une photographie, une courte bande-dessinée, un graphique, un dialogue entre deux personnages... et/ou une combinaison de ces éléments. Une question posée en termes de phénomène et d'objets sera identifiée comme relevant d'un problème ouvert. Alors qu'une question posée en termes de grandeur physique à déterminer sera identifiée comme relevant d'un problème fermé. Enfin, des informations à disposition dans le document, des données du problème portées à la connaissance des élèves, les connaissances qu'ils doivent, du point du chercheur, mobiliser, seront identifiées comme des références.

Etape 2 : Identification d'autres éléments de nature à guider, faciliter, le passage du problème ouvert au problème fermé.

Nous examinons enfin si la séance contient d'autres types d'éléments que ceux évoqués précédemment, ainsi que des éléments qui sont de nature à constituer une forme d'étayage pour les élèves dans ce processus de fermeture du problème ouvert.

Enfin, nous repérons si l'enseignant.e, à l'issue de la réponse au problème fermé, propose, incite à mettre en lien cette réponse et le problème ouvert, et éventuellement comment, par quel moyen. Cet aspect est pour nous essentiel dans la mesure où il permet, d'une part, sur le plan scientifique de montrer en quoi l'investigation conduite permet ou non de répondre au problème fermé, et d'autre part, sur le plan didactique, de légitimer le recours à un problème ouvert pour introduire la séance.

Résultats

Nous présentons dans un premier temps, un exemple d'analyse d'une des trois séances, puis nous présenterons nos résultats de manière comparée sur les trois séances de classes pour souligner les différences et similitudes de place et de nature faite au questionnement.

Séance d'enseignement en première STI2D

Cet exemple d'analyse porte sur une séance observée en Lycée en première STI2D, séance construite autour d'activités expérimentales. Le professeur (André) travaille avec une demi-classe pendant deux heures. Nous nous attachons à analyser la structure de la séance conduite par l'enseignant, en ciblant en particulier le moment qui est supposé relever d'un travail spécifique sur le questionnement.

En premier lieu, le document distribué aux élèves contient la représentation à compléter d'un signal sinusoïdal, conduisant les élèves à convoquer leurs connaissances à ce sujet (période et fréquence d'un signal sinusoïdal). Cette première partie vise à convoquer des savoirs de la classe de seconde en vue d'être en partie remobilisés lors de la seconde partie. Ces connaissances à dispositions des élèves peuvent être considérées comme étant les références potentielles du problème au sens de Dewey (Fabre, 2006). Une deuxième partie est introduite par l'enseignant :

Je vous laisse découvrir la première activité. Votre travail est de comprendre la problématique et de proposer des expériences que l'on pourrait faire. Je vous laisse lire, vous vous regroupez par groupe de trois. Vous écrivez les protocoles, je viens en discuter avec vous, échanger. Et quand vous êtes prêts, vous manipulez.

Le document (figure n°3) distribué à ce moment-là aux élèves, est introduit par un problème ouvert « Comment se protéger des nuisances du bruit ? » car formulé en termes de phénomène et d'objet. La situation quant à elle est constituée d'un court texte et d'une photographie portant sur les nuisances sonores aux abords d'un stade de football lors de rencontres. Le document se poursuit avec un ensemble de phrases interrogatives : « Le nombre d'émetteurs et la distance influent-ils sur le niveau sonore ? » ; « Les ondes sonores sont-elles transmises à travers certains matériaux ? » ; « Cette transmission dépend elle de la fréquence ? ». Ces phrases contiennent des concepts de la physique (nombre d'émetteurs, distance, niveau sonore, ondes sonores, transmises, fréquence, réfléchir) ; cela nous permet de les identifier comme relevant de problèmes fermés⁵, à partir desquels les élèves doivent proposer des expériences permettant d'y répondre. Ces problèmes fermés

⁵ au cours d'un entretien post séance l'enseignant va finalement dire qu'il s'agit de « questions scientifiques ».

sont tous pertinents par rapport au problème ouvert : ils permettent tous de répondre à un aspect du problème ouvert de départ.

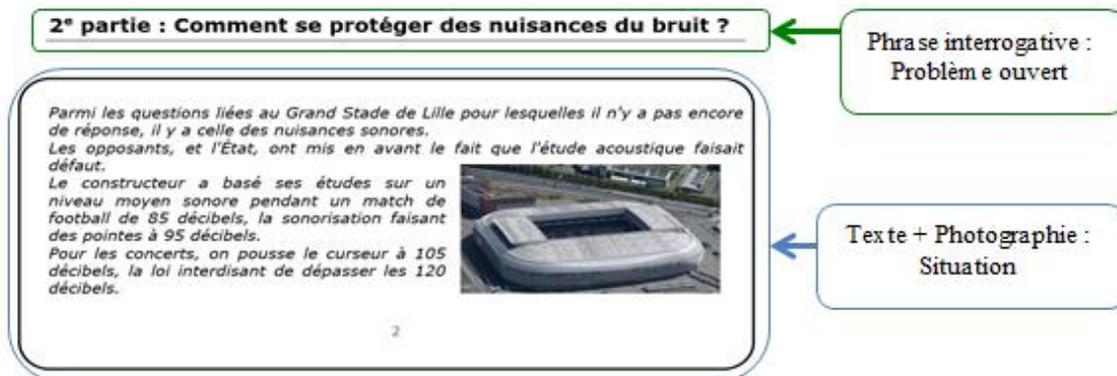


Figure n° 3 : Extrait du document donné aux élèves de première STI2D lors de la séance étudiée

L'enseignant initie alors une discussion autour de l'identification de la « *problématique* », considérée comme une « grande question », le sujet de l'étude. L'enseignant amène les élèves à identifier les questions proposées qui contribuent à l'étude de ce problème ouvert.

Professeur	Je vous laisse découvrir la première activité. Votre travail est de comprendre la problématique et de proposer des expériences que l'on pourrait faire. Je vous laisse lire, vous vous regroupez par groupe de trois. Vous écrivez les protocoles, je viens en discuter avec vous, échanger. Et quand vous êtes prêts, vous manipulez.
	<i>Le professeur passe dans les rangs et les élèves travaillent à chercher les protocoles (durée : environ 8 minutes)</i>
P	Est ce que tout le monde a lu la problématique ? D'abord, qui me résume la problématique ? Qui me fait un résumé de la problématique, la question posée ?
E	En gros, savoir si le son il traverse les objets ou pas ?
	Ce que j'ai demandé c'est qu'on fasse un résumé de ce que l'on vous demande à vous c'est la problématique. Ludovic, tu nous disait, la problématique c'est-ce que le son traverse, c'est ça ?
Elève Ludovic	oui
P	Moi ce que je veux c'est la grande question posée. On vous parle de quoi ?
E	Comment se protéger des nuisances sonores
P	De comment se protéger des nuisances sonores? Parce que vous avez vu dans la problématique que l'on nous parle de quoi ? dans l'article ? Du ? Des supporters, ou bien concerts du stade. Donc c'est comment se protéger des nuisances sonores ? Est-ce que tout le monde est d'accord avec ça ? Pour étudier ça, on va se poser un certains nombres de questions. Quelles sont ces questions que l'on se pose ?
E	Quels matériaux réfléchissent le son qui induiraient la nuisances sonores ? Le nombre d'émetteurs sonores a-t-il une influence sur le niveau sonore ? ou distance.

Tableau n° 1 : Extrait de transcription de la séance étudiée

Après que l'enseignant est passé voir chaque groupe et validé leur protocole expérimental, chaque groupe réalise les expériences prévues (chaque groupe a réalisé une expérience différente). L'enseignant organise une mise en commun des résultats, au cours de laquelle il revient sur le problème ouvert afin de mettre en évidence que les résultats contribuent à y répondre.

Pendant toute la durée de la séance, nous n'avons jamais identifié de moment au cours duquel il aurait été travaillé le passage du problème ouvert au(x) problème(s) fermé(s), bien que la séance ait débuté par des rappels sur les fréquences d'ondes sonores qui auraient pu servir de référence à la fermeture du problème. Ceci est à l'image de sa pratique habituelle (telle qu'il nous l'a décrite au cours de l'entretien). Cependant, l'enseignant s'appuie sur la situation ainsi que sur les expériences effectuées par les élèves sur la base des problèmes fermés pour en relier les résultats au problème ouvert initial :

Professeur : Qu'est ce que vous proposez comme rédaction à la réponse à la problématique ?

Trace écrite des élèves :

« Pour se protéger des nuisances sonores, il faut s'éloigner le plus possible de la source, isoler au maximum les murs (on parle ici d'isolation phonique : on joue sur la nature des matériaux et épaisseur des matériaux), et éviter la réflexion dans le stade de foot, car les nuisances peuvent venir des réflexions. »

Il se construit ainsi dans la classe une relation entre les réponses aux différents problèmes fermés et le problème ouvert initial, sans que soient explicités la différence de nature et le lien entre les deux types de questions.

Résultats sur les deux autres séances observées

Nous explicitons la place et la nature de l'activité de questionnement des deux autres séances en détaillant les résultats pour chaque observable.

Problème ouvert / Problème fermé

Nous avons observé la présence de différents problèmes ouverts et fermés. Le problème ouvert initial est toujours formulé et donné par l'enseignant. L'utilisation du problème fermé par les enseignants est cependant différente. En collège, Carole propose les différentes formulations suivantes :

- Marc a raison
- La masse et le volume se conservent-ils lors d'un changement d'état ?
- Faut-il enlever le couvercle du bac ou consolider les pieds ?
- La glace occupe-t-elle plus de place que l'eau liquide ?

Les élèves doivent alors identifier le problème fermé le plus pertinent en repérant si la formulation syntaxique est bien celle d'une question, et/ou en sélectionnant celle(s) des formulations qui contien(nen)t des grandeurs physiques. Dans la séance de Terminale S,

Bruno propose un problème ouvert et demande aux élèves de faire une proposition de formulation de problème fermé ; ce travail est mené en deux phases : une phase de proposition individuelle puis confrontation en groupe pour ne retenir qu'un seul problème fermé.

Situation

L'appui sur une situation pour fermer le problème ouvert n'a été observée que dans un des deux cas. Dans la séance en collège avec Carole, la situation est constituée d'un dialogue entre deux personnages : deux voisins discutent au sujet d'un bac de récupération d'eau. L'un d'entre eux indique que la nuit suivante, il fera très froid et il explique pourquoi, selon lui, il est préférable d'enlever le couvercle du bac. L'autre individu ne partage visiblement pas cet avis et pense qu'il est préférable de consolider les pieds. Cette situation fait émerger un dilemme entre ces deux propositions.

En revanche, au cours de la séance de Terminale S, aucun élément ne permet d'identifier clairement une situation.

Références

Dans les trois séances observées, nous n'avons jamais identifié de passage du problème ouvert au problème fermé sans mobilisation explicite de références : on observe chez Bruno (Terminale Scientifique) et Carole (cycle 4 Collège), que les savoirs nécessaires à la fermeture du problème sont co-construits en classe par l'intermédiaire d'aides proposées par l'enseignant lors de la phase de questionnement ou réactivées par le biais d'un questionnaire, dans le cas où ces savoirs ont déjà été travaillés.

Place et nature de l'activité de questionnement au sein de l'enseignement

Dans la séance de collège, le questionnement constitue la première étape d'un processus désigné de « démarche scientifique » qui part d'un problème ouvert, et on constate un retour à la fin de la séance afin d'y répondre. Le problème ouvert est toujours formulé par l'enseignant. Le professeur doit alors le formuler ainsi que mettre en place une situation, correspondant à l'environnement du problème ouvert. L'élève doit identifier de façon autonome le problème fermé correct parmi une série de propositions. Selon l'enseignant, ceci s'inscrit dans une « progressivité » afin d'initier les élèves à l'activité de questionnement.

Dans les séances de lycée, la pratique d'André (1ere STI2D) ressemble à celle de Carole en collège, dans la mesure où l'activité de questionnement est placée en début de séance et que la situation permet une contextualisation du problème ouvert.

Bruno (Terminale S) utilise le questionnement plutôt en fin de séquence de façon à ce que les savoirs travaillés constituent des références à des problèmes ouverts à venir. Cela participe ainsi à une autre modalité d'étude de ces notions. Lors des entretiens, Bruno revendique l'importance de construire une progressivité en termes d'activité de questionnement. En effet, nous avons observé qu'en début de séance, le professeur possède un discours explicite sur la formulation de ce qu'il appelle une « question scientifique » à partir d'une « problématique » donnée. Notre cadre d'analyse nous permet d'identifier la question scientifique au problème fermé et la problématique au problème ouvert. Cette séance diffère fondamentalement des autres dans l'utilisation des références pour construire le lien entre le problème ouvert et le problème fermé.

Conclusion

Partant du constat que les programmes préconisent de travailler la « pratique de questionnement » en classe afin que les élèves sachent « questionner », nous avons cherché à savoir comment cette pratique était en œuvre et sous quelle forme. Cette première étude, effectuée dans des cas de pratiques de classes observées dans le secondaire, permet de mettre en évidence la présence de problèmes ouverts et fermés dans l'enseignement des sciences physiques, mais selon des modalités variables. Dans tous les cas, nous remarquons la présence de problèmes ouverts, fermés, et d'éléments supposés faire situation pour les élèves dans 2 cas sur trois. Des références sont également présentes mais non convoquées par deux enseignants sur trois. Cependant, une seule des trois pratiques observées s'inscrit dans une progressivité –déclarée– de l'apprentissage du questionnement (Terminale S). La seconde, en collège, introduit une première approche du questionnement par le repérage d'un problème fermé parmi un ensemble de propositions. Enfin, dans le troisième cas (Première STI2D), on ne peut pas parler de questionnement dans le sens d'un processus de fermeture de problème ouvert, dans la mesure où les élèves ne sont pas impliqués dans la construction de problèmes fermés à partir d'un problème ouvert, mais d'un questionnement dans le sens où les problèmes ouverts et fermés font tous deux parties d'un même milieu didactique pour les élèves. Finalement, le travail en classe du questionnement consiste à insérer dans le milieu didactique des problèmes de natures différentes, d'éléments de contexte visant à faire situation pour les élèves, et des références convoquées de diverses manières mais pas nécessairement pour mettre en relation les divers types de problème. Dans le cas de la 1^{ère} STI2D, il semblerait là que le processus de

questionnement est inverse au modèle du passage du problème ouvert au problème fermé que nous avons pris en référence : l'idée privilégiée est que la réponse à un problème fermé permet de fournir la/une réponse à un problème ouvert. Nous pensons que ce dernier type de pratique, dont nous supposons qu'elle est plus courante que la première (ce qu'il nous reste à montrer) ne convient pas pour faire apprendre aux élèves à questionner et cela au moins pour deux raisons relatives à la nature de la science :

D'une part, la simple juxtaposition d'un problème fermé et d'un problème ouvert, le premier étant celui sur lequel va être effectué le travail d'enquête au sens de Dewey (1967), ne sert qu'à montrer le cas échéant la pertinence de l'étude menée en classe en ce que la réponse obtenue permet d'éclairer le problème ouvert. Autrement dit, pratiquer les sciences ne servirait, au vu des types de problèmes ouverts habituels rencontrés dans les ressources, qu'à répondre à des problèmes ouverts quotidiens et/ou techniques et/ou sociaux et/ou environnementaux. Ceci laisse supposer qu'il ne serait pas pertinent de s'interroger sur les objets même de la physique ou de la chimie alors même que la réponse scientifique à un problème fermé de physique ou de chimie peut déboucher sur un problème fermé ou ouvert. Par exemple, pour reprendre le cas analysé précédemment, s'il y a augmentation du volume d'une quantité donnée d'eau lors de sa solidification, est-ce le cas pour tous les liquides et quelles que soient les conditions ? Ce nouveau problème est fermé. Si nous posons la question sous la forme : « on observe une augmentation du volume d'une quantité donnée d'eau lors de sa solidification et cette augmentation n'est constatée que pour l'eau : quelle en est la raison ? », nous sommes là sur un problème ouvert. Nous renvoyons ici à Popper (1985) qui met l'accent sur le fait que la fécondité d'un problème est due à l'intérêt de la théorie dont il découle. Cette dynamique conduit Popper « à une représentation de la science comme processus ayant pour point de départ et pour terme la formulation de problèmes toujours plus fondamentaux et dont la fécondité ne cesse de s'accroître, en donnant le jour à d'autres problèmes encore inédits ».

D'autre part, ce type de pratique ne permet pas aux élèves de comprendre la nécessité d'aller convoquer des références scientifiques pour fermer un problème ouvert : les références, au sens des conditions de Fabre (2006), constituées entre autres de savoirs disciplinaires déjà appris ou en cours d'étude, conditionnent la formulation du problème fermé, mettant en évidence qu'un problème ouvert appelle divers types de réponses selon la formulation des problèmes fermés. Le type de pratiques observé laisse supposer une forme de bijection entre un problème ouvert et un problème fermé, conduisant à penser que l'unicité de la réponse au second induit l'unicité de la réponse au premier.

Bibliographie

- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin (5e édition 1967).
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39.
- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Dewey, J. (1967). *Logique, Théorie de l'enquête*, traduit par G. Deledalle, Paris : PUF.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire. La construction des problèmes* (p. 177-196). Paris : Presses Universitaires de France.
- Fabre, M. (2006). Qu'est-ce que problématiser ? L'apport de John Dewey. Dans M. Fabre & E. Vellas (dir.) *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 38, 69-94.
- Orange, C. & Fabre, M. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Pélissier, L., & Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : le cas de la notion de modèle. *Education & Didactique*, 10(2), 63-90.
- Popper, K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot (1^{ère} éd, 1963).

Étude comparée de pratiques enseignantes favorisant la problématisation dans une classe de cinquième sur la circulation sanguine via l’histoire des sciences

Pelé, Maud⁽¹⁾, Crépin-Obert, Patricia⁽²⁾

⁽¹⁾ LDAR, Université de Paris, F-75013 Paris - France

Universités d’Artois, Cergy-Pontoise, Paris-Est Créteil, Rouen

⁽²⁾ Université de Paris-Est Créteil, LDAR, F-94000 Créteil - France

Universités de Paris, Artois, Cergy-Pontoise, Rouen

Introduction

La circulation sanguine comme fonction nutritive systémique est complexe à enseigner. Des séances de problématisation visant à poser, faire construire et résoudre un problème par les élèves sont l’occasion de questionner cette fonction. Cependant, ces séances soulèvent la question professionnelle des aides pouvant être apportées par les enseignants pour guider les élèves à construire le problème. En 2016, une première étude sur des séquences de problématisation de la circulation sanguine en cinquième (élèves de 12 ans) a montré des potentialités non exploitées. Une seconde étude a été réalisée avec la même enseignante en 2017 afin d’identifier des aides favorisant le développement de la problématisation par les élèves. L’analyse de ces séquences sera l’occasion de questionner l’articulation entre les concepts d’inducteurs de problématisation (Fabre & Musquer, 2009) et de déterminants de la problématisation (Crépin-Obert, 2017).

Le cadre théorique de la problématisation

Savoir nécessaire et espace de contraintes

Cette recherche s'appuie sur le cadre théorique et méthodologique de la problématisation développé par Fabre (1999) et Orange (2005). Elle correspond à la mise en tension critique du savoir : le travail avec les élèves sur le problème scientifique de la circulation sanguine doit leur permettre la construction de raisons en établissant des nécessités (*idib.*). Elle se définit selon trois dimensions : la position du problème, la définition ou construction du problème et la résolution du problème (Fabre, 1999). C'est la construction du problème qui est centrale, permettant aux élèves de développer des explications dans le champ des possibles et de réfléchir à leurs conséquences afin de dégager des impossibilités et des nécessités. Celles-ci sont soumises aux autres élèves : les raisons dégagées auront d'autant plus de sens qu'elles seront acceptées par les pairs. La construction d'espaces de contraintes permet de représenter la dynamique et la cohérence d'une construction de problème en mettant en tension les faits comme données mobilisées par les élèves (registre empirique) et les possibilités comme conditions dégagées (registre des modèles explicatifs) (Orange, 2005).

Problématisation historique et controverse scientifique

La circulation sanguine a été un concept long à construire puisque dès l'Antiquité, des savants comme Hippocrate (-460 à -375 av. JC) ou Aristote (-384 à -322 av. JC) ont cherché à comprendre comment s'effectuait la circulation sanguine (Duris & Gohau, 1997). À partir de leurs travaux et d'autres, le médecin Galien (129 à 210 après JC) propose un modèle du trajet du sang dans l'organisme par une double irrigation : une distribution du sang dans tout le corps se fait à partir du foie et du cœur, respectivement par les veines et les artères. Arrivés à la périphérie du corps, les deux sangs sont consommés par les organes : il n'existe pas de retour du sang au cœur. La théorie de Galien sur le trajet du sang s'impose pendant près de 1400 ans (*idib.*). C'est au XVI^{ème} siècle qu'un médecin anglais, William Harvey (1578-1657), s'appuyant sur des travaux d'autres savants -notamment ceux de Vésale (1514-1564), Colombo (1510-1559) et Serveto (1511-1553) - ainsi que sur un ensemble d'observations et d'expérimentations, démontre l'existence d'une double circulation du sang avec un aller et un retour au cœur. Comme « la réalité du concept biologique de circulation présuppose l'abandon de la commodité du concept technique d'irrigation » (Ganguilhem, 1985, p.23), ce passage d'un

modèle irrigateur à un modèle circulateur a donné lieu, à l'époque, à de nombreux débats entre partisans et opposants de Harvey.

Problématisation scolaire et obstacles des élèves

La résistance de l'obstacle épistémologique majeur de l'irrigation est démontrée chez les élèves (Lhoste, 2006). Il peut être en réseau avec d'autres conceptions alternatives telles un système circulatoire partiellement ouvert, l'absence d'une double circulation (Arnaudin & Mintzes, 1985), le primat de la perception avec le non endiguement du sang ou le tuyau continu à paroi imperméable (Pautal, 2012). Une recherche (Arnaudin & Mintzes, 1985) souligne des convergences entre les conceptions des élèves et les conceptions historiques. L'histoire de la construction du concept de circulation sanguine et la confrontation des deux modèles (irrigateur et circulateur) avec les élèves devraient leur permettre de travailler l'obstacle de l'irrigation sans retour car il existe des convergences entre ce qui engage les élèves dans la construction de problèmes et ce qui fait obstacle à l'apprentissage (Triquet & Bruguière, 2014).

Inducteurs et déterminants à la problématisation

Les pratiques enseignantes autour de la problématisation questionnent les aides que peut apporter le professeur pour permettre aux élèves de construire un problème scientifique au sein d'une communauté scolaire. Plusieurs auteurs se sont penchés sur ces aides à la problématisation et en proposent plusieurs définitions. Selon un axe questionnant de façon privilégiée l'activité des élèves, Fabre et Musquer définissent un inducteur de problématisation « comme un élément du milieu pédagogique et didactique visant à activer et à développer, chez l'élève, des schèmes lui permettant de construire de nouvelles connaissances en construisant et en résolvant des problèmes » (2009, p. 125). Ils identifient plusieurs inducteurs qui caractérisent différentes opérations de la problématisation. Les inducteurs de type a visent à cerner le problème vers sa position et sa construction en fonction des conditions émises, et les inducteurs de type b visent à rechercher et catégoriser les données. Les inducteurs de type c sont utilisés pour aider les élèves à structurer et articuler données et conditions. Les deux derniers types d'inducteurs aident les élèves à émettre et valider des hypothèses en fonction des conditions (type d) ou des données (type e) (*idib.*). Selon un axe questionnant de façon privilégiée l'activité enseignante, Crépin-Obert définit les déterminants de la problématisation comme les « conditions favorables didactiques et pédagogiques pour que les élèves développent un

raisonnement scientifique de construction de problème grâce à l'activité enseignante centrée sur une situation problème » (2017, p. 88). Ces déterminants peuvent être étudiés sous quatre pôles : les pôles pédagogiques et psychologiques, centrés sur la relation professeur-élève et les pôles didactiques et épistémologiques, centrés sur la maîtrise du savoir par l'enseignant (*idib.*). Inducteurs et déterminants de la problématisation ont un objectif commun : repérer dans une situation de construction de problème ce qui permet aux élèves de développer leur raisonnement et de construire un problème scientifique. Ce sont les élèves qui sont les acteurs de la problématisation, mais l'enseignant peut les épauler en apportant des aides à la problématisation.

Problématique et questions de recherche

État des lieux d'une première recherche

Une première étude réalisée en 2016 a examiné, chez quatre enseignants, les problématisations possibles autour du trajet du sang à partir d'une bande dessinée numérique, *Les Grandiloquents*, basée sur l'histoire de la découverte de la circulation sanguine (Pelé, 2016). À la suite, des travaux ont étudié les interactions entre problématisation et obstacles en attribuant une visée épistémique aux ouvrages de fiction réaliste tels que la bande dessinée proposée (Bordenave, Crépin-Obert & Pelé, 2016). L'analyse des séances observées a montré une amorce de problématisation des élèves par des temps de reformulation du problème du trajet du sang dans l'organisme. La position du problème et son appropriation par les élèves ont été travaillées. La construction du problème a été parfois ébauchée mais elle est restée incomplète au regard de l'analyse *a priori* élaborée à partir du programme officiel et des potentialités repérées pendant la séance. Lors de l'étude de la fonction nutritive du sang, le changement de registre explicatif entre les modèles irrigateur et circulateur n'a pas été discerné par les élèves comme par les enseignants.

Questions de recherche et hypothèses

L'objectif est de mesurer l'écart entre deux pratiques d'une même enseignante lors de séquences de problématisation dont l'aide du chercheur est variable : l'une ordinaire constatant une problématisation amorcée, l'autre négociée visant une problématisation plus aboutie. Notre problématique vise à comprendre comment une enseignante développe sa pratique professionnelle afin d'apporter des aides à la problématisation des élèves de

cinquième sur la circulation sanguine en tant que fonction de nutrition. Elle est déclinée sous plusieurs questions de recherche. Quels éléments du milieu didactique et pédagogique, gérés par l'enseignante, ont permis aux élèves de développer une problématisation plus poussée ? Quels sont ceux qui sont potentiellement anticipés et ceux qui sont réellement pilotés dont les imprévus issus des temps de discussion ? Quels inducteurs et déterminants de problématisation peut-on relever ? Ces deux concepts permettent-ils de relever les mêmes types d'aides à la problématisation ?

À partir des observations réalisées lors de la première recherche, plusieurs hypothèses d'aides à la problématisation peuvent être dégagées concernant les éléments didactiques et pédagogiques :

- les choix didactiques, soit d'utilisation de données historiques par différents supports (la BD historique, la recherche documentaire sur les scientifiques, la réalisation d'une frise chronologique, la vidéo des expériences de ligature réalisées par Harvey), soit de mobilisation éventuelle de modèles explicatifs pendant la séance (les conceptions initiales des élèves sur le trajet du sang dans l'organisme, l'utilisation d'une maquette analogique pour représenter ce trajet) ;
- les modalités de gestion de classe favorisant les échanges oraux entre élèves et une posture générant un climat bienveillant. En effet, lors de la pratique ordinaire, la majorité du travail avait eu lieu à l'écrit, rendant difficile l'accès à la problématisation des élèves.

Méthodologie

Analyse a priori : l'espace de contraintes envisageable

Un espace de contraintes *a priori* (figure n°1) a été construit à partir des données dégagées et analysées à la lecture du programme de sciences de la vie et de la Terre (BOEN, 2008). Les élèves doivent comprendre « La circulation sanguine assure la continuité des échanges au niveau des organes » (*ibid.*) Cet espace montre que de nombreuses nécessités peuvent potentiellement être construites par les élèves, notamment celle d'une circulation à sens unique nécessitant un retour du sang au cœur. Dans cet espace, les flèches indiquent une possibilité de logique de construction des nécessités. Les traits entre les données du registre empirique et les conditions du registre des modèles sont non orientés, les deux registres se co-construisant ensemble.

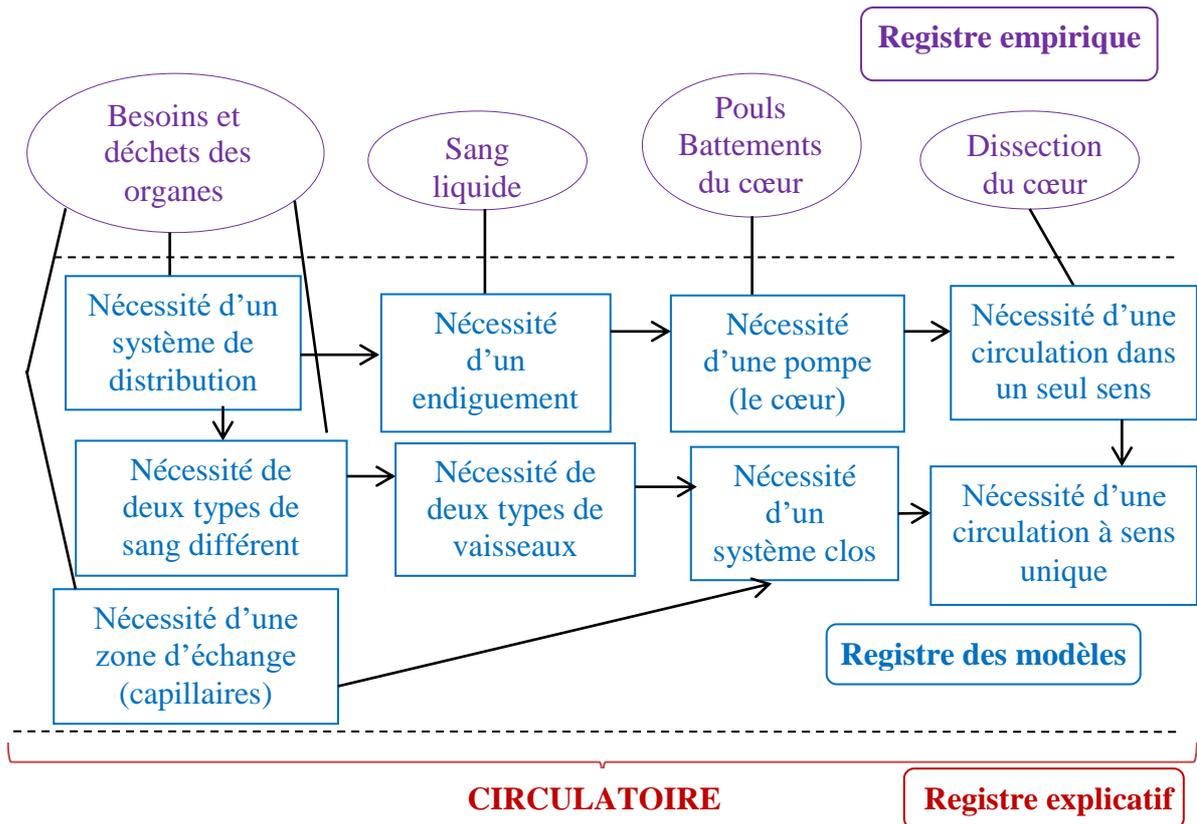


Figure n°1 : Espace potentiel des contraintes sur la circulation sanguine en cinquième

Collectes des données

La collecte des données s’est effectuée en deux temps :

- le premier, en 2016, correspond à une pratique ordinaire de classe dans la mesure où le seul apport du chercheur a été de proposer un support sous forme d’une bande dessinée historique ;
- le second, en 2017, s’appuie sur une pratique négociée avec le chercheur, préparée à la suite d’un entretien avec l’enseignante ayant notamment porté sur les différents modèles explicatifs du trajet du sang dans l’organisme ayant existé dans l’histoire des sciences et sur les attendus d’une séance de problématisation.

Le tableau 1 présente une chronologie des deux progressions réalisées par l’enseignante. Les éléments communs entre les deux séquences apparaissent en italique. Lors des deux phases de la recherche, les séances de classe ont été enregistrées. Les passages de discussion des élèves autour du problème du trajet du sang associé à sa fonction nutritive dans l’organisme ont été transcrits puis analysés.

Séquence de pratique ordinaire	Séquence de pratique négociée
<p>Séance 1</p> <p>Présentation de la BD par l’enseignante</p> <p><i>Recueil des conceptions initiales des élèves</i></p> <p>Présentation des conceptions par l’enseignante</p> <p>Lecture des premiers chapitres de la BD par les élèves</p>	<p>Séance 1</p> <p><i>Recueil des conceptions initiales des élèves</i></p> <p>Présentation de leur propre conception par les élèves</p> <p>Temps de formulation du problème par les élèves et l’enseignante</p> <p>Lecture de la BD par les élèves</p>
<p>Séance 2</p> <p>Lecture des autres chapitres de la BD par les élèves</p> <p>Recherche sur les découvertes faites par les savants cités dans la BD par les élèves</p>	<p>Séance 2</p> <p><i>Réalisation d’une frise chronologique des savants cités dans la BD et de leurs découvertes par les élèves</i></p> <p>Diffusion d’une vidéo (expériences de ligature d’Harvey)</p>
<p>Séance 3</p> <p><i>Réalisation d’une frise chronologique des savants cités dans la BD et de leurs découvertes par les élèves</i></p> <p>Temps de formulation du problème par les élèves</p> <p><i>Utilisation d’une maquette analogique par les élèves</i></p>	<p>Temps de discussion entre élèves et avec l’enseignante</p> <p>Rediffusion de la vidéo</p> <p><i>Utilisation d’une maquette analogique par les élèves et réalisation d’un schéma fonctionnel individuel</i></p>

Tableau n°1 : Présentation des deux séquences sur la circulation sanguine

Méthodologie d’analyse comparative

La méthodologie d’analyse a consisté tout d’abord à démontrer, pour les deux études, la dynamique de problématisation par les élèves en identifiant les problèmes travaillés et en construisant un espace des contraintes pour la problématisation plus aboutie. Puis, l’analyse s’est portée sur l’identification des aides à la problématisation développées lors de la séance, en interrogeant l’activité des élèves et l’activité enseignante à partir des modèles des inducteurs de problématisation de Fabre et Musquer (2009) et des déterminants de Crépin-Obert (2017).

Analyse des résultats et discussion

Le recueil des conceptions des élèves : le champ des possibles

Lors des deux expérimentations, l'enseignante a effectué un recueil des conceptions initiales de ses élèves à propos de la circulation sanguine dans l'organisme. La place de ce recueil dans les séquences (pratiques ordinaire et négociée) est précisée dans le tableau n°1. Après avoir rappelé les besoins des muscles, le rôle du sang dans l'apport de dioxygène et de nutriments et la prise en charge du dioxyde de carbone sont remobilisés. Cependant, dans sa consigne, l'enseignante reste centrée sur le trajet du sang et demande aux élèves : « Où est le sang dans le corps ? Que fait-il ? » Les élèves doivent répondre sous la forme d'un dessin éventuellement accompagné d'un texte (Tableau n°2).

Type 1	Type 2
<div data-bbox="236 857 786 1451" data-label="Image"> <p>Activité B6 : Où est le sang dans le corps ? que fait-il ?</p> <p>Le cœur est comme une catapulte. Il distribue du sang à tous les muscles et organes. Nous avons au moins 6 litres de sang dans le corps.</p> </div> <p data-bbox="225 1473 799 1608">« Le sang est comme une catapulte. Il distribue du sang à tous les muscles et organes. Nous avons au moins 6 litres de sang dans le corps »</p>	<div data-bbox="901 857 1313 1422" data-label="Image"> <p>Activité B9 : Où est le sang dans le corps ? que fait-il ?</p> <p>Le sang circule dans tout le corps et dans tous les organes. Le sang bleu est le sang sale et le rouge le propre car après avoir traversé tous les organes le sang se salit il retourne dans une partie du cœur où il est nettoyé et reprend le parcours.</p> </div> <p data-bbox="821 1444 1396 1724">« Le sang circule dans tout le corps et dans tous les organes. Le sang bleu est le sang sale et le rouge le propre car après avoir traversé tous les organes le sang se salit il retourne dans une partie du cœur où il est nettoyé et reprend le parcours »</p>

Tableau n°2 : Deux productions d'élèves prototypiques de modèles explicatifs divergents

Le type 1 montre un trajet du sang du cœur vers les organes sans envisager de retour : c'est un modèle irrigateur. Le type 2, tant dans le schéma que le texte, montre un modèle

circulateur. L'analyse de ces productions montre que la grande majorité des élèves sont de type 1 et ont donc un raisonnement irrigateur. Le type 2, raisonnement circulateur, n'a été relevé qu'une seule fois et ce, lors de la séquence négociée. Dans certaines productions, la catégorisation entre irrigateur et circulateur est cependant difficile. Une discussion autour de ces modèles proposés par les élèves devrait permettre de développer une problématisation de la circulation sanguine et de travailler l'obstacle de l'irrigation.

Comparaison des problématisations des élèves

Nous avons analysé le travail réalisé par les élèves selon les trois composantes de la problématisation (tableau n°3). Les problèmes posés lors de la séquence négociée sont plus nombreux, les échanges oraux entre les élèves ayant été favorisés. La construction du problème a été beaucoup plus développée avec l'établissement effectif de la nécessité d'un retour du sang au cœur. Celle-ci fut établie notamment par l'impossibilité du sang de s'accumuler au niveau d'un organe. La résolution du problème a eu lieu dans les deux séquences par la construction et la manipulation d'une maquette analogique de la circulation sanguine.

	Similitudes entre pratique ordinaire et pratique négociée	Apports supplémentaires lors de la pratique négociée
Position du problème	Problème du trajet du sang dans l'organisme Problème de la mise en mouvement du sang Problème du rôle du sang	Problème de l'existence de différents types de vaisseaux sanguins dans l'organisme Problème de l'origine du sang
Construction du problème	Nécessité de l'endiguement du sang	Impossibilité pour le sang de rester au même endroit Nécessité de retour du sang au cœur Nécessité de mise en mouvement du sang
Résolution du problème	Dissection du cœur, construction d'une maquette analogique	Analyses des expériences de ligatures chez Harvey Schématisation du trajet du sang

Tableau n°3 : Comparaison de la séquence de pratique ordinaire et de la séquence de pratique négociée selon les trois composantes de la problématisation

En complément, nous avons élaboré l'espace des contraintes en jeu dans le débat à partir de l'analyse des échanges langagiers qui ont permis de faire émerger la nécessité du retour du sang au cœur lors de la séance négociée (figure n°2). Les doubles flèches représentent les mises en tension repérées chez les élèves, porteuses de désaccord.

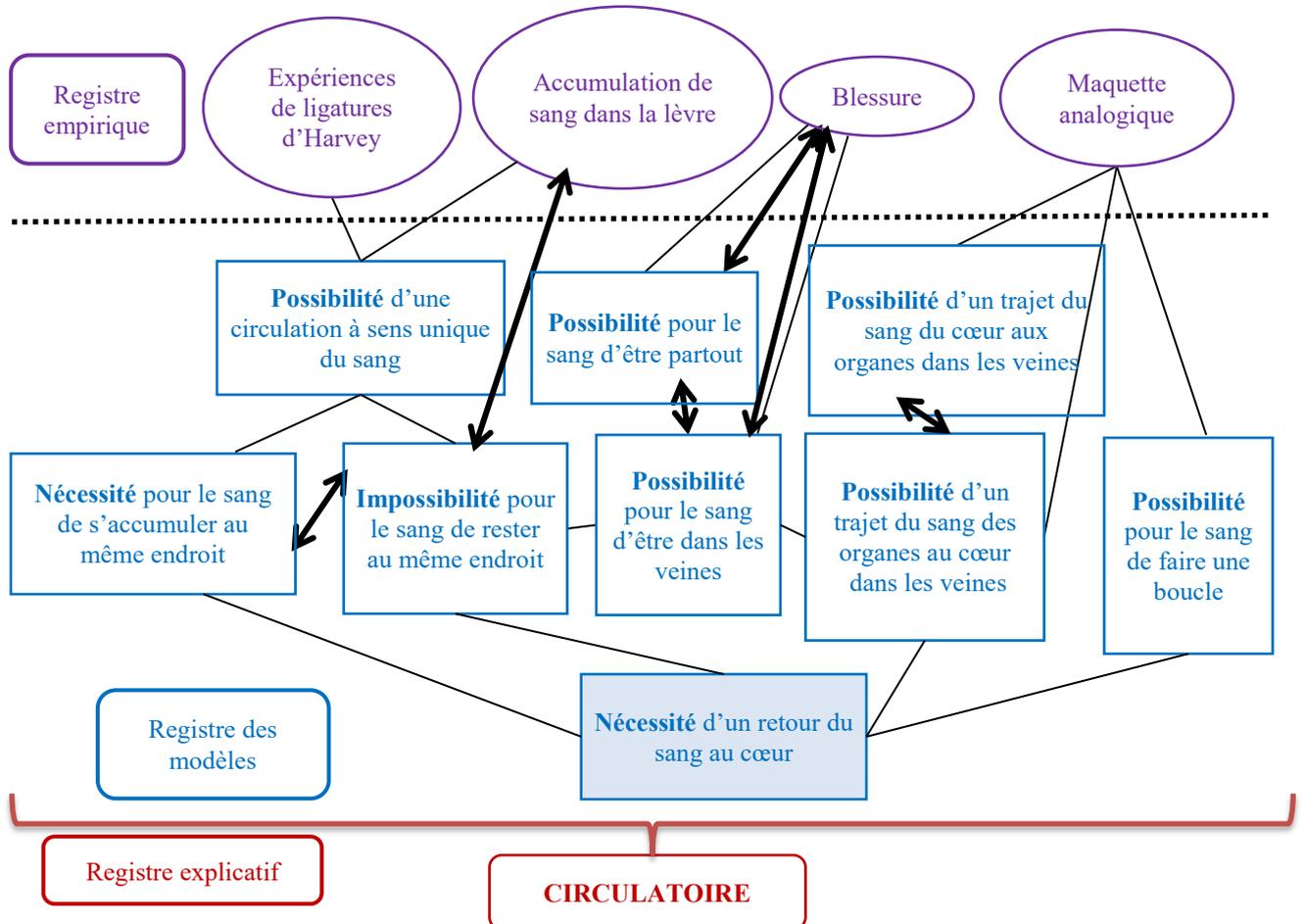


Figure n°2 : Espace des contraintes en jeu dans le débat sur la circulation sanguine

La discussion est initiée à partir d'une vidéo présentant les expériences de ligatures d'Harvey et par la demande de l'enseignante : « *La circulation en sens unique du sang mais on réfléchit, on réfléchit là... Quelles questions ça, ça... quelles questions ça pose dans la tête ?* ». Elle pousse ainsi les élèves à poser le problème. Un élève propose la circulation à sens unique du sang. Un premier désaccord entre deux élèves sur la possibilité ou non pour le sang de s'accumuler au même endroit apparaît et la nécessité du retour du sang au cœur est établie mais pour un seul élève. La problématisation est relancée par une réflexion autour de l'accumulation impossible du sang dans la lèvre. Une seconde mise en tension entre les conséquences d'une blessure et la possibilité ou non pour le sang d'être canalisé dans les veines apparaît entre deux élèves mais l'absence de reprise de cette

possibilité ne permet pas au raisonnement d’aller plus loin : il y a fermeture de la problématisation. La proposition d’utilisation de la maquette analogique par l’enseignante va permettre de relancer la problématisation. En effet, lors de la première séance un seul élève, Ahmid, présente aux autres un modèle explicatif circulateur. Au début de la seconde séance, il intervient en réponse à la question de l’enseignante sur le rôle du cœur :

14	Le cœur s’est comme une pompe, ça sert à faire circuler le sang dans tout le corps. Quand il se contracte, en gros cela fait tourner tout le sang (il mime un cercle).
----	--

Mais à chaque fois, ses propos ne sont jamais relevés par ses pairs jusqu’à l’utilisation de la maquette par l’enseignante.

108	E7 : Peut-être que c'est grâce au cœur, le cœur qui pompe et qui ramène le sang puis il l'éjecte un peu partout dans le corps. Ça revient et puis ça recommence
109	(Plusieurs) : Peut-être
110	E4 : C’est comme Ahmid il avait dit.
111	E5 : Tout à fait.

Plusieurs élèves vont alors construire la nécessité d’un retour du sang au cœur en admettant que cela ne peut être autrement. Finalement, l’enseignante rediffuse la vidéo des ligatures et invite les élèves à proposer un schéma fonctionnel du trajet du sang apportant nutriments et dioxygène dans l’organisme en s’aidant de leur manipulation de la maquette. Après ce temps de réflexion individuelle, une mise en commun des schémas proposés par les élèves conduit la classe à accepter le fait que le sang fasse une boucle et qu’il doit nécessairement retourner au cœur.

173	P : Alors j'ai vu des représentations vraiment sympas, qui posent questions. Donc pour la majorité des élèves, c'est bien, vous avez réussi à caser un cœur, un muscle, une veine mais il y en a certains qui bloquent sur l'artère. Au final, on a la représentation de base que l'on avait déduite de la vidéo d'Harvey. On a le cœur ici, le muscle là et qu'est-ce qui va les relier tous les deux ?
174	E1 : Les veines
175	P : les veines. Quel est le sens de circulation ?
176	E7 : Du muscle au cœur
177	P : Du muscle au cœur. Sauf qu'on s'est dit, qu'est-ce que cela pose comme question le fait que le sang passe du muscle vers le cœur ? qu'est-ce qu'il va se passer au bout d'un moment ? Déjà il n'y en aura plus là ? Et voilà, cela fait une...
178	(Plusieurs) : boucle

179	E5 : Une boucle, du cœur au cœur.
180	P : Je ne vais même pas le faire au tableau vu que tout le monde l'a fait sauf un ou deux mais on va leur expliquer comment on dessine. Qui veut leur expliquer ?

C'est par l'articulation entre les différentes propositions des élèves et les données apportées par l'enseignante qu'il y a définition du problème du retour du sang au cœur : position, construction et résolution sont très imbriquées.

Comparaison des pratiques enseignantes guidant la problématisation

En nous appuyant sur le modèle de Crépin-Obert (2017), nous représentons le système interactif des déterminants d'une pratique enseignante guidant la problématisation dans les deux études de cas, une pratique ordinaire et une pratique négociée (figure n°3). En noir, apparaissent les éléments communs entre les deux séquences et en violet et en gras, les apports supplémentaires lors de la pratique négociée. Au niveau du pôle épistémologique, les déterminants identifiés sont ceux d'une séquence centrée sur le questionnement du problème, mais aussi surtout sur les solutions possibles. La connaissance par l'enseignante des deux modèles historiques, irrigateur vs circulateur, a pu être facilitateur. Au niveau du pôle didactique, la diversité des données présentées aux élèves est effective lors des deux séances et le questionnement est toujours ouvert. Pourtant la problématisation n'a pas été très développée lors de la première étude. Ces éléments ne sont donc pas suffisants pour permettre une problématisation efficace des élèves. Laisser une place aux propositions des élèves et à leur discussion semble primordial. Ces éléments sont clairement identifiables au niveau des pôles pédagogiques et psychologiques. Un climat d'écoute, une pratique basée sur les échanges entre élèves ainsi que des temps de réflexion offerts, sont des éléments fondamentaux pour qu'un problème se construise réellement au sein de la classe. C'est par ces modalités, que toutes les données et le scénario pensés par l'enseignante deviennent des aides favorables à la problématisation des élèves.

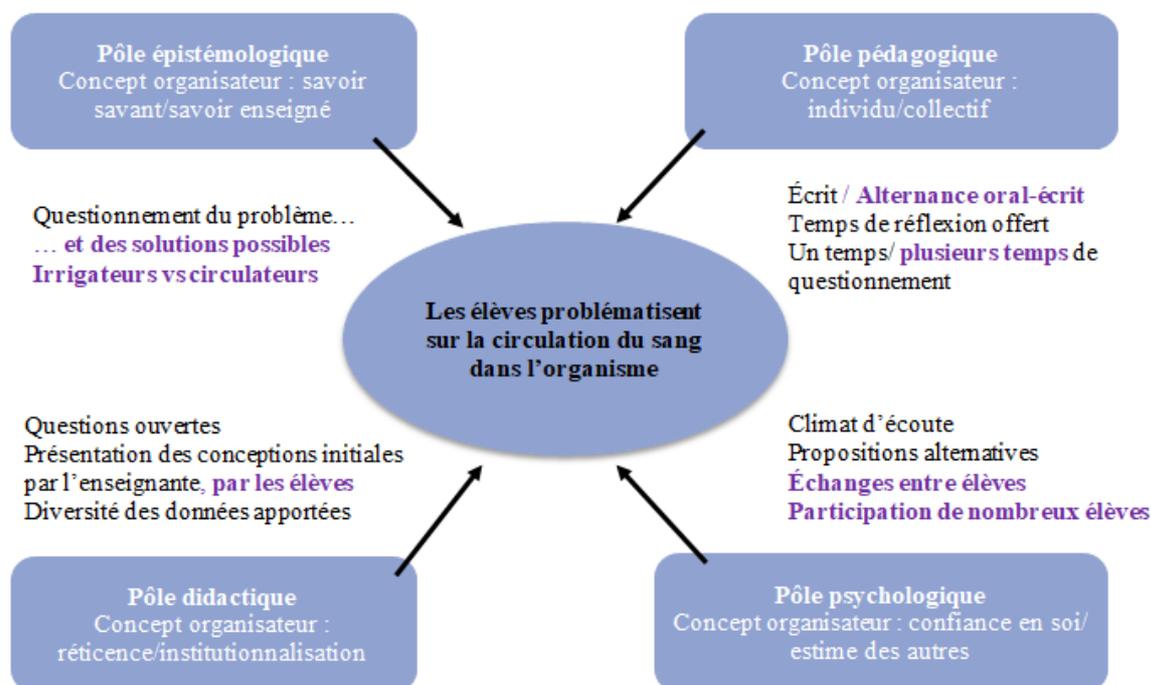


Figure n°3 : Les déterminants de la problématisation identifiés dans les pratiques enseignantes

Sur un extrait de verbatim à propos du trajet du sang nourricier, le modèle de Fabre et Musquer (2009) a ensuite été utilisé pour rechercher les différents types d'inducteurs chez l'enseignante ainsi que leur inférence avec les opérations de problématisation des élèves.

35	P : Quelles autres questions on pourrait se poser par rapport à ce que William Harvey a découvert avec cette vidéo ?	Inducteur de type a qui engage les élèves à poser le problème.
36	E5 : Si le sang il circulait dans un seul sens.	Donnée issue de la vidéo
37	P : La circulation en sens unique du sang mais on réfléchit, on réfléchit là... Quelles questions ça, ça... quelles questions ça pose dans la tête ?	Inducteur de type d invitant les élèves à réfléchir sur la donnée proposée et sur les conséquences de celle-ci.
38	E7 : Bah si ça passe dans un seul sens après le sang il reste au même endroit	Conséquence pour le sang de s'accumuler dans un organe.
39	P : Il reste au même endroit à un moment donné ?	Inducteur de type e qui en répétant la conséquence envisagée par E6 conduit E4 à l'utiliser comme donnée et à proposer une nouvelle hypothèse
40	E1 : Bah non	
41	E4 : Bah si, c'est ce que je me suis dit aussi, si il va dans un seul sens après il y en aura trop	Impossibilité pour le sang de rester au même endroit

42	P : Quelles questions cela apporte ?	Inducteur de type a qui transforme la proposition de E4 en donnée.
43	E6: Y-a-t-il du sang partout dans le corps ?	Reposition du problème

Dans cet extrait, l'inducteur de type e, impulsé par l'enseignante, permet à l'élève E4 d'identifier une impossibilité : le sang ne peut pas rester au même endroit car alors il s'accumulerait en trop grande quantité. Cet élève, qui était initialement irrigateur, est le premier à envisager un autre possible. Lors de la suite de la séance, l'enseignante revient plusieurs fois sur ce modèle et demande aux élèves de construire un schéma de la circulation sanguine à partir d'une maquette analogique. Cette mise en schéma peut être considérée comme un inducteur de type c qui vise à articuler les données et les conditions proposées par les élèves. En effet, les élèves, avec l'aide de l'enseignante, ont pu reprendre l'ensemble des données à représenter sur le schéma (cœur, organes, différents types de vaisseaux). La prise en compte des conditions établies, notamment le sens de déplacement du sang dans les artères et les veines et la nécessité d'un retour du sang au cœur, ont permis d'établir les relations fonctionnelles entre les différents organes et d'arriver à un modèle de la circulation sanguine dans l'organisme. Ce changement de registre sémiotique d'un modèle oralisé et en construction en un schéma fonctionnel a permis une structuration de la pensée des élèves et la compréhension d'un modèle explicatif global permettant de répondre au problème posé. Ainsi, à la suite de ce travail, une majorité des élèves, hormis deux, conçoivent un modèle circulateur. Nous pensons que cet inducteur qui s'est avéré fondamental dans la structuration de la pensée des élèves a pu développer tout son potentiel du fait de la longue discussion qui s'est déroulée au préalable. L'enseignante n'a pas stoppé la problématisation dès la première proposition d'un modèle circulateur. Au contraire, elle a, par son positionnement, ses questions et le temps donné aux élèves pour réfléchir aux diverses propositions énoncées, permis à la classe de construire la nécessité d'une circulation du sang dans l'organisme.

Par ailleurs, nous pensons que le développement de la problématisation des élèves lors de la seconde étude est lié également à une plus grande culture didactique et historique de l'enseignante, par son appropriation des attendus d'une séance de problématisation et par sa connaissance des obstacles épistémologiques présents dans l'histoire de la circulation sanguine et chez les élèves. En conséquence, nous proposons d'englober sous le terme de levier à la problématisation les inducteurs et les déterminants à la problématisation mais aussi la culture didactique personnelle de sa discipline développée par l'enseignant. En

effet, si les modèles théoriques des inducteurs et des déterminants rendent bien compte de ce qui se passe en acte dans la classe, il nous apparaît que certains éléments non directement observables en classe sont pourtant fondamentaux pour aider les élèves à problématiser. Ainsi l'absence de prise en compte de l'obstacle irrigateur, pourtant présent chez les élèves dès la pratique ordinaire, est un des éléments permettant d'expliquer un développement peu important de la problématisation. Au contraire, lors de la séance de pratique négociée, cette connaissance développée par l'enseignante lui a permis de mieux repérer les oppositions entre les modèles explicatifs des élèves et, comme elle le dit elle-même, de faire réfléchir les élèves au problème, « *ça veut dire quoi circuler ?* ». Les leviers à la problématisation sont donc envisagés pour prendre en compte un ensemble d'éléments aidant les élèves à problématiser que ce soit pendant la séance mais aussi en amont de celle-ci car la culture didactique de l'enseignant a une influence non négligeable sur ce qui se passe réellement en acte dans la classe.

Conclusion et perspectives

Cette étude de cas montre qu'une diversité de leviers à la problématisation peuvent être envisagés par les enseignants en amont et pendant la séance. Certaines de ces aides peuvent être anticipées mais d'autres, comme un débat autour des oppositions entre élèves, doivent être repérées pendant le cours. Ce repérage est indispensable pour aboutir à une problématisation réussie. Le modèle des déterminants de Crépin-Obert (2017) et celui des inducteurs de problématisation de Fabre et Musquer (2009) sont deux outils pertinents pour analyser les pratiques enseignantes guidant une problématisation. Le modèle des déterminants en donne une vision macroscopique. Il permet notamment d'identifier les éléments épistémologiques, didactiques, pédagogiques et psychologiques de la pratique enseignante, indispensables pour que, potentiellement réunis, une problématisation puisse éventuellement se développer. Le modèle des inducteurs s'intéresse de façon microscopique à la problématisation grâce aux dispositifs d'activités prévues et aux éléments langagiers émergents que l'enseignante a pu mobiliser pour relancer et nourrir la construction de problème. Ce sont ces inducteurs liés au contexte et aux échanges entre élèves, qui sont non prévisibles et donc les plus difficiles à appréhender. Ils sont une prise de risque pour les enseignants qui ne peuvent les anticiper. La mise à l'épreuve des modèles des déterminants et des inducteurs lors de cette étude de cas montre donc qu'ils sont complémentaires. La culture personnelle de l'enseignant apparaît aussi comme un

élément indispensable à développer pour favoriser la construction de problème par les élèves. Nous continuons cette approche des leviers à la problématisation actuellement par la réalisation de nouvelles expérimentations avec de jeunes enseignants. Au regard des éléments discutés dans ce chapitre, nous intégrerons dans notre protocole de recherche, un temps de formation avec eux sur les aspects épistémologiques et didactiques à même de les aider à développer une problématisation de la circulation sanguine chez leurs élèves. Ce protocole nous permettra de mettre à l'épreuve et d'affiner ces premières conclusions.

Bibliographie

- Arnaud, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69 (5), 721-733.
- France : MEN (2008). Programme des enseignements de sciences de la vie et de la Terre, de technologie pour les classes de sixième, de cinquième, de quatrième et de troisième du collège. BOEN spécial n°6 du 28 août 2008.
- Bordenave, L., Crépin-Obert, P., Pelé, M. (2016). Conception et analyse didactique d'une bande dessinée numérique sur l'histoire des sciences pour le collège : Les Grandiloquents. *Actes du colloque Telling Science Drawing Science*. Angoulême.
- Canguilhem, G. (1985). *La connaissance de la vie*. Paris : J. Vrin.
- Crépin-Obert, P. (2017). Pratique de débat et problématisation en paléontologie. Le problème de la filiation entre ammonite et escargot en CM2. In M. Bächtold, J-M. Boilevin & B. Calmettes (dir.). *L'activité de l'enseignant en sciences : comment l'analyser et la modéliser ?* (pp. 65-94). Louvain-la-neuve (Belgique) : Presses Universitaires de Louvain.
- Duris, P., & Gohau, G. (1997). Chapitre 8. Le sang circulant. In *Histoire des sciences de la vie* (2^e ed.) (pp. 155-173). Paris : Belin.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- Fabre, M., & Musquer, A. (2009). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle*, 42 (3), 111-129.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3^e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, 79-108.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation-pour l'Ère nouvelle*, 38 (3), 69-94.
- Pautal, É. (2012). *Enseigner et apprendre la circulation du sang : analyse didactique des pratiques conjointes et identifications de certains de leurs déterminants : trois études de cas à l'école élémentaire*. (Thèse de doctorat). Toulouse : Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 622 pages.
- Pelé, M. (2016). *Problématisation autour de la circulation sanguine en classe de cinquième à partir d'une bande dessinée utilisant l'histoire des sciences*. (Mémoire de master 2 de recherche en didactique des sciences expérimentales). Paris : Université Paris Diderot.
- Triquet, É., & Bruguière, C. (2014). Album de fiction, obstacles sur la métamorphose et propositions didactiques. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 9, 51-78.

Une étude de la continuité entre pratiques didactiques et pratiques de connaisseurs

Le cas du diabète sucré dans la formation des diététiciens en France et au Maroc

Hannaoui, Maria ⁽¹⁾, Santini, Jérôme ⁽²⁾, Biagioli, Nicole ⁽¹⁾

⁽¹⁾ CTEL, Centre Transdisciplinaire d'Épistémologie de la Littérature et des Arts vivants, Université Côte d'Azur

⁽²⁾ LINE, Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation, Université Côte d'Azur

Introduction

La nutrition étant indéniablement un vecteur de santé et de bien-être (OMS, 2019), il nous semble important de contribuer à la compréhension et à l'amélioration de la formation des diététiciens, puisque ce sont ces professionnels de santé qui élaborent et supervisent la préparation de régimes alimentaires, réalisent des contrôles du comportement alimentaire d'individus/de groupes et contribuent à la résolution de problèmes diététiques au niveau de la collectivité, etc. (AFDN, 2006). Situait notre travail dans un contexte didactique, notre ambition est d'améliorer les études diététiques dans l'objectif de mieux armer les futurs praticiens. De plus, l'étude didactique de la diététique nous semble être un champ de recherche fertile puisque cette dernière se situe au confluent de plusieurs disciplines (sciences humaines et sociales, biochimie, sciences de nutrition, physiopathologies, etc.) (Hannaoui, Santini & Biagioli, 2016). Plus encore, du point de vue de la tâche, le diététicien réalise des actions qui mobilisent plusieurs compétences : réalisation d'enquêtes alimentaires, calcul des quantités, détermination de la répartition en aliments et repas, sensibilisation des patients à des thématiques de santé publique, etc.

Problématique

Nous postulons qu'étudier l'efficacité de la formation diététicienne revient à analyser la continuité de l'expérience au sens de Dewey (1938) entre ladite formation et la pratique professionnelle. Notre travail vise donc à étudier la manière dont des formations en diététique, un cursus préparant au BTS en France et une formation au diplôme d'État au Maroc, peuvent rendre les étudiant·e·s capables de pratiques de diététiciens. Autrement dit, nous cherchons à caractériser des éléments de continuité entre les pratiques didactiques enquêtées et des pratiques de diététiciens reconnus (Hannaoui, Santini & Biagioli, 2016). Notre problématique peut être formulée comme suit : dans quelle mesure peut-il exister des éléments de continuité entre les pratiques didactiques de formations de diététiciens et les pratiques de diététiciens connaisseurs pratiques de la diététique ?

Examiner cette continuité nécessite de décrire des pratiques de diététiciens, des pratiques de formation à la diététique et d'analyser comment les deux peuvent s'articuler dans une continuité de l'expérience entre la formation vécue et les problèmes professionnels à venir. De surcroît, puisque nous nous intéressons à deux pays – la France et le Maroc – cette étude peut également nous permettre d'identifier de possibles différences ou similitudes entre les deux contextes nationaux. Pour mener à bien notre approche comparatiste (Mercier, Schubauer-Leoni & Sensevy, 2002) de deux formations, dans deux pays différents, nous avons étudié ces formations afin de déterminer un problème comparable entre les deux. Nous avons opté pour un problème de santé précis, suffisamment riche et occupant une place de choix dans la prise en charge diététique : le diabète sucré, communément appelé diabète, soit l'appellation qui recouvre le groupe de maladies métaboliques caractérisées par une hyperglycémie chronique résultant d'un défaut de la sécrétion de l'insuline au niveau du pancréas (type 1, ou insulino-dépendant) ou de l'action de l'insuline au niveau des cellules insulino-dépendantes (type 2, ou non-insulino-dépendant) ou de ces deux anomalies associées (Drouin et *al.*, 2008).

L'intérêt d'étudier cette thématique de formation réside dans le fait qu'elle est enseignée dans les deux formations, qu'elle implique plusieurs disciplines (techniques culinaires, régimes, physiopathologie, sciences humaines, etc.) et qu'elle représente un problème emblématique de la pratique diététique : son traitement par un diététicien mobilise un ensemble de compétences diversifiées (réalisation de bilans nutritionnels, interprétation de tests biologiques, production de régimes équilibrés et adaptés, tenue d'un discours de sensibilisation, vulgarisation scientifique, etc.) (Grimaldi, 2009).

Cadrage théorique et méthodologique

Nous avons situé notre recherche dans le cadre la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD) (Didactique pour enseigner (collectif), 2019 ; Gruson, Loquet, & Forest, 2012 ; Sensevy, 2011 ; Sensevy & Mercier, 2007). Dans la perspective développée en TACD, pour comprendre l'action didactique, mais également l'action humaine en général, il est nécessaire d'en saisir la grammaire, au sens de Wittgenstein (2004), c'est-à-dire la logique immanente qui la sous-tend. Pour rendre compte de la grammaire de l'action, nous utilisons la notion de jeu (Sensevy, 2012) et les notions qui s'y rapportent : gain, stratégie, enjeu, règle, etc. L'intérêt de la notion de jeu est sa capacité à décrire à la fois : 1) le savoir en jeu dans les usages qui en sont faits, 2) le contexte dans lequel il est mobilisé, 3) la façon dont les différents joueurs s'instituent dans le jeu, et 4) la façon dont ils agissent les uns par rapport aux autres.

La notion de *jeu didactique* décrit la grammaire générique de l'action didactique. En substance, le jeu didactique est un jeu entre deux instances, une instance professeur et une instance élèves, à propos d'un savoir en jeu. Le jeu didactique est asymétrique (le professeur sait ce que l'élève ignore) et gagnant-gagnant (le professeur gagne si, et seulement si, l'élève gagne, c'est-à-dire apprend). Cette grammaire générique s'actualise dans des *jeux d'apprentissage* avec des enjeux de savoir spécifiques. Dans le vocabulaire théorique que nous mobilisons, un jeu d'apprentissage désigne un moment « clos sur lui-même » et caractérisé par un nouvel enjeu de savoir (Sensevy, 2007). Le jeu d'apprentissage décrit donc une activité dont la finalité est la transmission d'un « bout de savoir ». Et puisque décrire un jeu d'apprentissage nécessite de rendre compte de son contexte d'existence, nous complétons notre modèle en incluant les notions de *contrat didactique*, soit l'ensemble des comportements de l'enseignant attendus de l'apprenant et l'ensemble des comportements de l'apprenant attendus par l'enseignant par rapport au savoir en jeu, et de *milieu didactique*, c'est-à-dire l'environnement matériel et symbolique auquel est confronté l'apprenant, et ce, dans le but de permettre un apprentissage. La TACD travaille ces deux notions en définissant le contrat didactique comme le *système stratégique disponible* permettant de jouer un jeu d'apprentissage, et en qualifiant le milieu didactique de *système stratégique potentiel* (Sensevy, 2011).

La notion de *jeu épistémique* décrit la grammaire générique d'un domaine de pratiques, c'est-à-dire de la diététique dans notre recherche. Un précédent travail nous a conduit à décrire le jeu épistémique du diététicien comme un jeu consistant à :

Corriger (au sens de rééduquer ou de rééquilibrer) les habitudes alimentaires des individus afin de préserver leur santé, en adoptant une approche clinique et physiologique, à partir de recommandations quantitatives et qualitatives concernant le choix des aliments, la manière de les cuisiner et la programmation de leur ingestion (Hannaoui *et al.*, 2016).

Cette grammaire du jeu diététique se décline dans des pratiques travaillant des problèmes spécifiques, comme le diabète sucré dans notre recherche, que nous décrivons comme des *jeux épistémiques élémentaires* de la pratique diététique. Pour comparer nos descriptions de jeux d'apprentissage et de jeux épistémiques élémentaires, il nous semble pertinent d'introduire, par extension, les notions de *contrat épistémique* et de *milieu épistémique* relatives au jeu épistémique élémentaire (Santini, Bloor & Sensevy, 2018).

Dans notre modélisation des pratiques didactique et diététique, notre problématique peut alors se comprendre comme une étude de la manière dont la participation à des jeux d'apprentissage, dans des formations de diététiciens, peut rendre les étudiant·e·s capables d'agir dans des jeux épistémiques élémentaires de la diététique du diabète sucré. Pour le dire autrement, il va s'agir, pour nous, de caractériser des jeux d'apprentissage des formations étudiées, de caractériser également des jeux épistémiques élémentaires dans l'étude de pratiques de diététiciens, puis de comparer les deux, afin de déterminer dans quelle mesure gagner à ces jeux d'apprentissage peut rendre gagnant à ces jeux épistémiques élémentaires. Pour ce faire, nous décrivons les capacités épistémiques que peuvent s'approprier les étudiant·e·s dans le déroulement des jeux d'apprentissages et nous en analysons la pertinence pour les jeux épistémiques élémentaires décrits. Nous reprenons notre modélisation de l'action, didactique et diététique, avec la figure n°1.

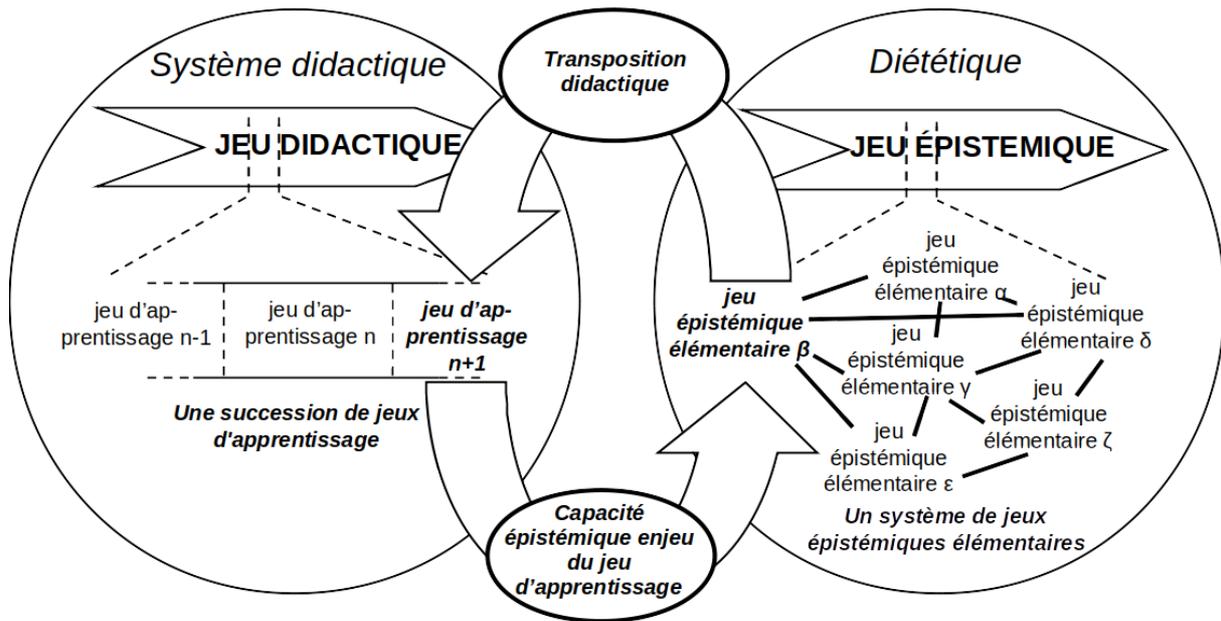


Figure n°7: Une vue synoptique de la modélisation comme des jeux des pratiques didactiques et des pratiques diététiques d'après Santini, Bloor & Sensevy (2018)

La vue synoptique de la figure n°1 montre comment nous allons comparer, et possiblement articuler, des analyses de données issues des formations de diététiciens étudiées et des analyses de données issues des pratiques des diététiciens enquêtés. Ainsi, pour répondre à notre problématique, notre dispositif de recherche comprend des données sur les formations à la diététique, et sur des pratiques de diététiciens connaisseurs du diabète sucré. Dans notre recueil de données, nous avons interrogé deux diététiciens confirmés, un Français et un Marocain, sur leur pratique. Ces deux diététiciens prennent quotidiennement en charge le diabète sucré. D'un point de vue déontologique, il ne nous a pas été possible de filmer ces praticiens lors de consultations. Nous avons alors fait le choix de mener avec eux des entretiens semi-directifs. Puis nous avons filmé des séances de formation pertinentes pour le problème diététique du diabète sucré, que nous avons déterminées avec l'aide des responsables des formations. Au total, notre corpus comprend : pour la France, des cours en régimes thérapeutiques et en diabétologie, des séances de travaux dirigés et de travaux pratiques (pour un total de 16 h) et un rapport de stage ; pour le Maroc, des cours en diétothérapie et en diabétologie, des jeux de rôle et des examens en stages (pour un total de 25 h).

Dans ce qui suit, nous allons décrire deux extraits d'analyses de données pour deux thèmes dans les formations étudiées, un concernant le diabète et les événements festifs, l'autre concernant le diabète et la notion d'indice glycémique. Pour chacun de ces extraits, nous

commençons par analyser des jeux d'apprentissage dans les formations française et marocaine, un jeu épistémique élémentaire dans les pratiques des diététiciens, puis nous menons une analyse comparée des jeux d'apprentissage et du jeu épistémique élémentaire pour en inférer de possibles éléments de *continuité* (Dewey, 1938 ; Olander ; Wickman, Tytler & Ingerman, 2018 ; Santini, 2019) des pratiques didactiques vers des pratiques de connaisseurs. Avec ces extraits, nous cherchons à rendre compte du type d'analyse que nous menons sur l'ensemble de notre étude de cas sur le diabète sucré dans les deux formations.

Un premier extrait d'analyse : diabète et événements festifs

Diabète et événements festifs : analyse d'un jeu d'apprentissage

Nous rapportons, ci-dessous, deux extraits des cours filmés dans les séances consacrées aux régimes thérapeutiques, le premier en France et le second au Maroc. Ces deux extraits seront modélisés sous forme de jeux d'apprentissage. En raison de leur longueur, nous ne reproduisons qu'une partie de ceux-ci.

Professeur français (TP 16/11/2016) : Léo [...] est invité à un goûter de Noël, organisé par l'école, les familles sont sollicitées pour apporter des gâteaux, des boissons, des bonbons, on vous demande de proposer des conseils à donner à Léo en cette occasion, autres que tu ne vas pas au goûter d'anniversaire (rire) [...]

Nous trouvons un jeu d'apprentissage similaire dans la formation marocaine :

Professeur marocain (Cours 09/12/2016) : [...] On doit montrer à notre patient comment faire face aux diverses occasions [...] Les fêtes, les anniversaires, etc. [...] Le patient diabétique est un être humain [...] il ne peut pas s'empêcher de manger un aliment sucré, donc, nous en tant que diététiciens, on est censé montrer à notre diabétique comment faire face à ces situations

Pour ces deux extraits, nous relevons que l'enjeu de l'action des deux enseignantes est de sensibiliser les étudiant·e·s à l'importance de ne pas priver les patients des plaisirs culinaires de manière définitive et de prendre en compte l'impossibilité, au niveau psychologique, d'une privation permanente de la participation à des repas conviviaux et festifs. Ce jeu d'apprentissage peut se formuler ainsi : *prendre en compte des situations exceptionnelles et inévitables durant lesquelles des apports glycémiques incontrôlés risquent d'avoir des effets néfastes sur la santé des patients*. Notons que l'action

d'enseignement-apprentissage suit un contrat didactique de type ostensif (Matheron & Salin, 2002) : l'enseignant décrit un problème diététique, et une solution, et l'élève doit réussir à les voir comme représentant d'une classe de problèmes et de solutions. Dans ce jeu d'apprentissage, les enseignants pourront considérer avoir gagné si les étudiant-e-s réussissent à rendre capables leurs futurs patients de déroger occasionnellement à certaines règles, sans pour autant mettre leur vie en danger.

Nous modélisons ce jeu d'apprentissage comme suit :

Jeu d'apprentissage	Contrat didactique	Milieu didactique
Prendre en compte des situations exceptionnelles et inévitables durant lesquelles des apports glycémiques incontrôlés risquent d'avoir des effets néfastes sur la santé des patients.	- Métabolisme du glucose. - Régime alimentaire pour diabétique. - Type de contrat didactique ostensif (Matheron & Salin, 2002).	- Caractère inévitable d'une dérogation exceptionnelle au respect d'un régime pour diabétique. - Connaissances des techniques de régulation de l'hyperglycémie. - Des exemples d'événements festifs (anniversaires, fêtes, etc.)

Tableau n°1 : Modélisation du premier jeu d'apprentissage à la lumière de la TACD

Nous décrivons enfin la capacité épistémique, enjeu de ce jeu d'apprentissage, comme le fait de *rendre capable un patient de déroger exceptionnellement au régime alimentaire convenu avec lui de manière contrôlée*.

Nous nous intéressons, maintenant, à la manière dont les diététiciens connaissances interrogés agissent face à ce même problème.

Diabète et événements festifs : analyse d'un jeu épistémique élémentaire

Nous présentons ici un extrait de données concernant un élément d'une pratique de connaissance, modélisé comme un jeu épistémique élémentaire. Cet extrait est issu d'un entretien mené avec une diététicienne experte (9 ans d'expérience).

Diététicien expert au Maroc : Par exemple durant les anniversaires, je peux lui autoriser de prendre un morceau de cake [...] il est difficile que les gens qui l'invitent préparent quelque chose spécialement pour lui, je lui propose donc de prendre un petit morceau et un verre d'une boisson sucrée light, mais à condition qu'il bouge, qu'il danse, donc à condition qu'il bouge.

Nous remarquons ici que l'enjeu de l'action du diététicien est de donner des conseils à son patient diabétique afin qu'il ne soit pas privé, ou exclu, de certaines occasions festives. Ces conseils vont des autorisations exceptionnelles (manger des préparations très sucrées) aux

actions correctives qui peuvent être effectuées afin de limiter les effets de repas hautement glycémiant (pratiquer une activité physique intense). Cela nous conduit à caractériser un jeu épistémique élémentaire de la diététique qui est d'éviter *l'exclusion sociale du diabétique en raison de ses contraintes alimentaires*, et à le modéliser comme suit :

Jeu épistémique	Contrat épistémique	Milieu épistémique
Éviter l'exclusion sociale du diabétique en raison de ses contraintes alimentaires.	-Définition d'une alimentation équilibrée et de sa répartition en glucides, lipides et protides.	- Apprentissage d'aliments de substitution (préparés avec des additifs, etc.), d'activités physiques (danse, jeux, etc.) compensateurs. - Prise de conscience que la fréquence des événements festifs doit demeurer exceptionnelle.

Tableau n°2 : Modélisation du premier jeu épistémique dans le vocabulaire théorique de la TACD

Avec cet extrait d'analyse, nous avons caractérisé un jeu d'apprentissage, une capacité épistémique enjeu de ce jeu d'apprentissage et un jeu épistémique élémentaire, tous trois relatifs au diabète et aux événements festifs. Nous procédons de même, ci-dessous, pour le diabète et la notion d'indice glycémique. Puis, nous reprendrons ensemble ces résultats pour apporter des éléments de réponse à notre problématique, en discutant des possibilités de continuité entre les jeux d'apprentissage et les jeux épistémiques élémentaires.

Un second extrait d'analyse : diabète et indice glycémique

Diabète et indice glycémique : analyse des jeux d'apprentissage

Nous présentons ici un second jeu d'extraits des films des formations. Le premier a été enregistré au Maroc et le second en France. Les deux ont pour objet la notion d'indice glycémique.

Professeur marocain : Qu'est-ce que l'indice glycémique ?

Élève : C'est la capacité d'un aliment à augmenter la glycémie chez un individu en prenant comme référence le pain.

Professeur marocain : Le pain ou le glucose, l'indice glycémique reflète donc la qualité de l'aliment [...] Par exemple un patient pour qui la consommation de pommes de terre fait augmenter la glycémie de 80 % [...] Je vous rappelle les facteurs qui peuvent influencer l'indice glycémique, parfois on peut manger des aliments qui ont un indice glycémique bas, mais il y a des facteurs qui peuvent rendre son indice glycémique moyen voire fort, ces facteurs sont le mode de cuisson, l'association de plusieurs aliments [...] la texture de l'aliment [...] par exemple si la texture est liquide [...] la taille des particules [...]

Nous trouvons un moment analogue au précédent dans la formation française :

Professeur français : [...] Vous connaissez la définition d'index glycémique [...] les IG de différents aliments ont été calculés en utilisant comme référence le glucose ... Et le glucose du pain blanc, et on a fait doser la réponse glycémique, donc on définit un IG de la façon suivante : c'est l'aire sous la courbe de réponse glycémique après ingestion d'un aliment glucidique qui est à tester [...] Après il faut que vous sachiez l'expliquer [...] il [...] varie [aussi] en fonction de la technologie de l'aliment, c'est-à-dire les transformations que l'aliment peut avoir subies, exemple, une pasteurisation, ou un moyen de conservation. La structure de l'aliment, la cuisson de l'aliment, le type de repas dans lequel il est contenu, temps de vidange gastrique [...]

Si l'index glycémique (IG) traduit la réponse d'un individu à l'ingestion d'une quantité donnée d'un aliment (grâce au calcul de l'aire sous la courbe de réponse glycémique après ingestion de 100 g d'un aliment, rapporté à l'aire sous la courbe de réponse glycémique pour cette même quantité d'un aliment de référence : 100 g de sucre ou de pain blanc) (Jenkins et *al.*, 1981), l'importance de cette notion réside dans sa traduction en termes de recommandations à un diabétique. Ainsi, un aliment sera contre-indiqué pour un diabétique si son IG est supérieur de 70, il sera à consommer modérément si son IG est compris entre 55 et 70, il sera finalement autorisé si son IG est inférieur à 55 (Équipe de diététistes/nutritionnistes au Québec, 2018).

Dans ces deux extraits, l'action des professeurs vise à expliquer la notion d'IG aux étudiant·e·s. Comme nous l'avons dit *supra*, cette notion est à l'origine de la classification des aliments en trois catégories croissantes (bas, moyen et fort) selon la valeur de leur IG. Autrement dit, les professeurs considéreront avoir gagné si les étudiant·e·s proposent des menus aux diabétiques en fonction des indices glycémiques des préparations culinaires. Nous caractérisons ces moments des formations étudiées comme un jeu d'apprentissage qui consiste à *déterminer l'influence d'une préparation donnée (aliment de base et technologie appliquée) sur la glycémie du patient à partir de la notion d'indice glycémique.*

Nous modélisons ce jeu d'apprentissage ainsi :

Jeu d'apprentissage	Contrat didactique	Milieu didactique
Déterminer l'influence d'une préparation donnée (aliment de base et technologie appliquée) sur la glycémie du patient à partir de la notion d'indice glycémique.	- Influence des aliments sur la glycémie. - Allure de la courbe de réponse glycémique. - Type de contrat didactique ostensif (Matheron & Salin, 2002)	- Définition et usage de la notion d'index glycémique. - Diapositives projetées.

Tableau n°3 : Modélisation du second jeu d'apprentissage à la lumière de la TACD

La capacité qui est l'enjeu dans ce jeu d'apprentissage peut se décrire comme *utiliser la notion d'indice glycémique pour élaborer des régimes alimentaires adaptés aux patients diabétiques.*

Diabète et indice glycémique : analyse d'un jeu épistémique élémentaire

De nos entretiens avec des diététiciens confirmés, nous présentons l'extrait suivant :

Avant de transmettre un régime [au patient], je lui expose trois types d'aliments : les aliments à éviter, comme le miel, le sucre, le thé sucré, les pâtisseries, les aliments à prendre avec modération, comme les pâtes, les fruits, deux par jour, les préparations à base de farines, etc. et les aliments à consommer à volonté, voire conseillés : les salades vertes, les soupes, etc.

Nous constatons ici que l'enjeu de l'action du diététicien est d'apprendre à son patient diabétique une classification des aliments en trois catégories, à partir d'exemples, afin de lui permettre de se repérer dans sa consommation et dans la constitution de ses menus. En effet, la première catégorie est constituée d'aliments sucrés, la seconde d'aliments glucidiques et la troisième d'aliments à faible indice glycémique. Cette classification est ici étayée d'exemples qui peuvent être généralisés à d'autres qui ne sont pas cités dans cet extrait. La notion d'indice glycémique n'est pas citée, mais elle est en arrière-plan de la classification exemplifiée. Ceci nous amène à imaginer un jeu épistémique élémentaire consistant à *faire utiliser au patient diabétique des exemples d'aliments classés en trois catégories (à éviter, avec modération, et à volonté) pour lui permettre d'élaborer ses repas.*

La modélisation s'y rapportant pourrait être modélisée ainsi :

Jeu épistémique	Contrat épistémique	Milieu épistémique
Faire utiliser au patient diabétique des exemples d'aliments classés en trois catégories (à éviter, avec modération, et à volonté) pour lui permettre d'élaborer ses repas.	- Connaissance de quelques aliments et préparations alimentaires. - Compréhension qu'une mauvaise gestion de la glycémie peut conduire le diabétique à développer des	- Exemples de préparations alimentaires connues par le patient et leur index glycémique associé et/ou de leur catégorie (à éviter, à modérer, à consommer à volonté).

	complications aiguës et/ou chroniques. - Définition de la notion d'index glycémique et/ou de la classification qu'elle introduit.	
--	--	--

Tableau n°4: Une modélisation du second jeu épistémique à la lumière de la TACD

À ce stade, nous avons caractérisé deux jeux d'apprentissage, les capacités épistémiques enjeux de ces jeux d'apprentissage, et deux jeux épistémiques élémentaires. La discussion de ces résultats va nous permettre d'apporter des éléments de réponse à notre étude d'une possible continuité entre pratiques didactiques et pratiques de connaisseurs dans le cas du diabète sucré.

Discussion

Avec le tableau 5, nous reprenons nos résultats d'analyse pour en donner une vue synoptique qui permette de les discuter ensemble.

Thème	Diabète et événements festifs	Diabète et indice glycémique
Jeu d'apprentissage	Considérer des situations exceptionnelles et inévitables durant lesquelles des apports glycémiques incontrôlés risquent d'avoir des effets néfastes sur la santé des patients	Relier l'influence d'une préparation donnée (aliment de base et technologie appliquée) sur la glycémie du patient à partir de la notion d'indice glycémique
Capacité épistémique enjeu du jeu d'apprentissage	Rendre capable un patient de déroger exceptionnellement au régime alimentaire convenu avec lui de manière contrôlée	Utiliser la notion d'indice glycémique pour élaborer des régimes alimentaires adaptés aux patients diabétiques
Jeu épistémique élémentaire	Éviter l'exclusion sociale du diabétique en raison de ses contraintes alimentaires	Faire utiliser au patient diabétique des exemples d'aliments classés en trois catégories pour lui permettre d'élaborer ses repas

Tableau n°5 : Une vue synoptique de résultats d'analyse pour le cas du diabète

Eu égard aux exemples d'analyse présentés, nous constatons que, pour le thème des événements festifs, la capacité épistémique enjeu du jeu d'apprentissage est directement pertinente pour le jeu épistémique élémentaire. Autrement dit, il existe une continuité forte entre jeu d'apprentissage et jeu épistémique élémentaire, aussi remarque-t-on que si l'événement festif fait partie du milieu didactique du jeu d'apprentissage, il est un objet du milieu pour le jeu épistémique élémentaire (cf. Tableaux 1 et 2). Par comparaison, dans le thème de l'indice glycémique, la capacité épistémique enjeu du jeu d'apprentissage est moins directement pertinente pour le jeu épistémique élémentaire. En effet, à moins d'apprendre au patient la notion d'index glycémique, ce dernier aura du mal à classer les

aliments en aliments à consommer à volonté, à modérer et à éviter : l'index glycémique est un objet du milieu épistémique du jeu d'apprentissage mais est absent du milieu du jeu épistémique élémentaire (cf. tableaux 3 et 4). En conséquence, cette capacité participe de l'arrière-plan du jeu épistémique élémentaire, mais elle n'est pas suffisante. La continuité entre jeu d'apprentissage et jeu épistémique élémentaire est ici moins forte que pour le thème des événements festifs. Cela dit, comme la construction du patient expert rentre dans la grammaire générique du jeu didactique présentée en début de l'article (l'enjeu de rééducation y est fait état, *i.e.* le dessein de transmission d'un savoir en vue de faire évoluer le comportement alimentaire d'un patient), sans pour autant s'y substituer complètement (nécessité de préserver la santé du patient en priorité), il serait peut-être intéressant d'introduire la notion d'index glycémique au diabétique, l'ordre de grandeur de celle-ci pour quelques préparations, etc. On pourrait aussi penser une évaluation informelle de type formative (Dolin & Evans, 2017) de la maîtrise de l'usage de cette notion dans le suivi du patient par le praticien.

Éléments de conclusion

Comme présenté plus haut, nous avons mis en exergue une situation démontrant une continuité entre la pratique de diététiciens connaisseurs et la pratique didactique, et une autre, où cette continuité est moins évidente. Pour pallier ce manque, il pourrait être judicieux de donner à la patiente une explication simple d'une notion nutritionnelle, *i.e.* l'index glycémique, puisque c'est sur la base de cette dernière que le raisonnement du diététicien est élaboré. La présenter permet donc d'éclaircir le raisonnement sous-jacent à l'élaboration du régime alimentaire destiné au patient. Par conséquent, introduire une matière spécifique enseignant aux futurs diététiciens quelques moyens de vulgarisation des concepts afférents à la nutrition/diététique, à l'instar de l'équilibre alimentaire, du cycle glycémique, etc., ne nous semble pas superflu. Une telle matière confronterait les étudiant-e-s à des situations où elles-ils seront amené-e-s à paraphraser en langage courant des thématiques liées à la nutrition. Notons que le travail de vulgarisation participe de la fabrique du patient-expert de sa pathologie, pierre angulaire de la relation diététicien-patient. Plus généralement, compte tenu du corpus que nous avons récolté et des exemples rapportés ici, nous pouvons avancer à ce stade que la relation diététicien-patient comporte une dimension didactique qu'il conviendrait d'investiguer davantage, et ce, dans le dessein d'améliorer la collaboration entre ces deux acteurs. À titre d'exemple, si un régime ne

donne pas les résultats escomptés ou si un patient a une opinion erronée en matière de nutrition, le diététicien pourrait s'inspirer de l'apport de la didactique quant à l'identification de potentiels dysfonctionnements : l'effet Topaze, l'effet Jourdain, etc. (Sensevy, 2011).

Par ailleurs, à ce stade, des ressemblances apparaissent dans l'action des enseignants dans les deux pays. Dire cependant que les formations sont similaires nous semble prématuré. En effet, même si cela sort du cadre de ce chapitre, des éléments culturels/religieux liés au contexte des deux pays sont bel et bien traduits dans les cursus de formation : traitement de la thématique du jeûne lors du mois de Ramadan et gestion de la glycémie au Maroc, etc. En définitive, le travail présenté ici marque un point d'étape dans la recherche menée puisque nous y avons rassemblé bon nombre d'outils nécessaires que nous déploierons sur l'ensemble de nos données, et ce, afin d'analyser l'efficacité des formations étudiées, à travers l'exploration des différentes continuités/discontinuités entre ce qui se passe en situation d'apprentissage et en milieu de travail. Ceci nous conduira à formuler quelques propositions dans le but de : 1) améliorer la prise en charge diététique des futurs patients, 2) améliorer la formation dispensée aux étudiants, 3) contribuer à rendre les étudiants rapidement opérationnels.

Bibliographie

- AFDN (2006). *La consultation diététique réalisée par un diététicien*. Accédé le 29/02/2020. URL : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/consultation_dietetique_recos.pdf
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Collier Books.
- Didactique pour enseigner (collectif). (2019). *Didactique pour enseigner*. Rennes : PUR.
- Dolin, J., & Evans, R. (Ed.). (2017). *Transforming assessment: Through an interplay between practice, research and policy*. Cham : Springer
- Drouin, P., Blicke, J. F., Charbonnel, B., Eschwege, E., Guillausseau, P. J., Plouin, P. F., & Sauvanet, J. P. (2008). Diagnostic et classification du diabète sucré, les nouveaux critères. */data/revues/12623636/00250001/72/*.
- Équipe de diététistes/nutritionnistes de Diabète Québec. (2018). Indice glycémique. Accédé le 29/02/2020, URL : <https://www.diabete.qc.ca/fr/vivre-avec-le-diabete/alimentation/aliments-et-nutriments/lindice-glycemique/>
- Grimaldi, A. (2009). *Guide pratique du diabète*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.
- Gruson, B., Loquet, M., & Forest, D. (2012). *Jeux de savoir*. Rennes : PUR.
- Hannaoui, M., Santini, J., & Biagioli, N. (2016). Une étude actionnelle de la transposition didactique dans la formation des diététiciens. Comparaison de la France et du Maroc. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 378-391.
- Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., & Goff, D. V. (1981). Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34(3), 362-366.

- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M. L., & Sensevy, G. (Éd.). (2002). *Vers une didactique comparée. Revue Française de Pédagogie, 141 (numéro spécial)*. Lyon : INRP.
- Matheron, Y., & Salin, M.-H. (2002). Les pratiques ostensives comme travail de construction d'une mémoire officielle de la classe dans l'action enseignante. *Revue française de pédagogie, 141(1)*, 57-66. <https://doi.org/10.3406/rfp.2002.29150>
- Olander, C., Wickman, P.-O., Tytler, R., & Ingerman, A. (2018). Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body. *International Journal of Science Education, 40(2)*, 204–226.
- OMS. (2019). Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques. Consulté 29/02/2020, à l'adresse WHO website : <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/summary/fr/>
- Santini, J., Bloor, T., & Sensevy, G. (2018). Modeling Conceptualization and Investigating Teaching Effectiveness: A Comparative Case Study of Earthquakes Studied in Classroom Practice and in Science. *Science & Education, 27(9-10)*, 921-961.
- Santini, J. (2019). *Le jeu épistémique, à l'articulation des pratiques éducatives et culturelles. Contribution à la théorie de l'action conjointe en didactique*. Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences de l'éducation. Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier, *Agir ensemble* (pp. 13–49). Rennes : PUR.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Éléments pour une Théorie de l'Action Conjointe en Didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (Éd.). (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.
- Sensevy, G. (2012). Le jeu comme modèle de l'activité humaine et comme modèle en théorie de l'action conjointe en didactique. Quelques remarques. *Nouvelles perspectives en sciences sociales, 7(2)*, 105–132.
- Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard.

**Quatrième partie – Formation et
développement professionnel des
enseignants**

Étude de l'adhésion à des normes professionnelles relatives à la démarche d'investigation chez les enseignant-e-s suisses

Morge, Ludovic ⁽¹⁾, Marlot, Corine ⁽²⁾, Audrin, Catherine ⁽²⁾, Decker, Jean-Christophe ⁽²⁾

(1) Laboratoire ACTÉ, UCA – France.

(2) Haute École Pédagogique VD, Suisse.

Introduction et contexte de l'étude

La nécessité institutionnelle de mise en place de séquences de type investigation scientifique se trouve justifiée par un ensemble d'enjeux : l'enjeu de transmission d'une image de l'activité scientifique comme étant une activité humaine collective qui produit des savoirs, les enjeux d'apprentissage en terme d'implication des élèves dans leur activité scolaire, les enjeux d'évaluation par compétences, ainsi que la mise en place d'évaluations internationales standardisées portant sur la culture scientifique et technologique (Tiberghien, 2016), pour ne citer que ces principaux.

La mise en œuvre de ce type d'activités en classe de sciences au premier degré s'inscrit donc dans une démarche prescriptive descendante, et se confronte par voie de conséquences à une pratique de l'enseignement des sciences déjà en place. L'implantation de l'enseignement-apprentissage des sciences par la mise en œuvre de démarches d'investigation scientifique dans les classes rencontre un certain nombre de difficultés qui peuvent être regroupées de la manière suivante (Marlot & Morge, 2016a) : difficultés liées aux conceptions épistémologiques des enseignants (Lederman, 2007) ; difficultés liées à la maîtrise des contenus enseignés principalement dans le premier degré (Keys & Kennedy, 1999) ; difficultés liées à la régulation des interactions avec les élèves (Morge, 2000). Dans ces études, les chercheurs ont principalement mis l'accent sur l'analyse des difficultés intrinsèques aux enseignants. Depuis maintenant quelques années (Marlot & Morge,

2016b), et à la suite d'un certain nombre d'auteurs (Brickhouse, 1990 ; Cariou, 2013 ; Calmettes, 2015) nous explorons une autre piste : celle des normes professionnelles.¹

Des principes issus des prescriptions officielles aux difficultés de mise en œuvre de l'investigation : une hypothèse relationnelle² fondatrice

La démarche scientifique³ à l'école, préconisée dans les textes officiels vise d'une certaine manière à encadrer et modifier certains comportements relatifs à l'enseignement-apprentissage (des sciences) en contraignant administrativement et pédagogiquement l'action (Barrère, 2013). Ces comportements modifiés-attendus, portés par les prescriptions primaires pourraient alors prendre le rôle de normes professionnelles et conférer une vocation normative à la démarche d'enseignement scientifique en classe. L'hypothèse fondatrice de ce travail est qu'une des sources potentielles de difficultés de mise en œuvre de l'investigation en classe de sciences est liée à l'existence de normes professionnelles partagées par une majorité d'enseignants et pouvant ainsi définir un genre professionnel (Clot, 1999) qui sert ensuite de filtre aux enseignants pour guider leur choix d'activité, ainsi que leur mise en œuvre. En tant que didacticiens, nous ne cherchons pas à explorer la manière dont ces normes se construisent mais plutôt la manière dont celles-ci pourraient, si elles existaient, venir créer des difficultés de mise en œuvre des démarches d'investigation scientifique. Nous faisons également l'hypothèse que ces normes puisent leur légitimité dans un ancrage fort dans les prescriptions primaires et secondaires. Cette hypothèse est issue du travail que nous menons sur les difficultés de mise en œuvre de l'investigation à l'école (Marlot & Morge, 2016a) et qui nous a amené à identifier des cas où cette inférence

¹ Selon Prairat (2014), une norme professionnelle renvoie plus explicitement à certains comportements (et pratiques) qu'il convient de mettre en œuvre, promouvoir ou bien de modifier, voire éliminer. Les normes professionnelles représentent l'ensemble des prescrits, des règles et des valeurs du métier historiquement construits (Lantheaume et Simonian, 2012).

² Cette hypothèse est qualifiée de « relationnelle » en référence aux travaux de Bautier et Goigoux (2004) qui établissent une relation entre certaines pratiques scolaires et les difficultés d'apprentissage rencontrées par les élèves.

³ Les expressions « Démarche scientifique à l'école », « démarche d'investigation », « Démarche d'enseignement scientifique » seront utilisées sans distinction car elles expriment, dans des contextes différents (Suisse / France), une activité visant la construction collective de savoirs scientifiques dans un contexte scolaire impliquant les élèves dans les débats argumentatifs.

semblait assez claire. En effet, et pour exemple, nous avons rencontré au cours de notre travail, des enseignants qui considèrent qu’une investigation doit nécessairement comporter les étapes ordonnées décrites dans les prescriptions primaires⁴. L’adhésion à cette norme qui tire sa légitimité des prescriptions, peut expliquer par exemple que certains enseignants ne reconnaissent pas les séquences de type PACS (Prévision, Argumentation, Confrontation, Synthèse) comme étant des types de démarche d’investigation et ainsi, ne les mettent pas en œuvre. Pourtant, certains types de démarche, tout en ne correspondant pas au format « standard », relèvent néanmoins de l’investigation scientifique : une grande diversité de démarches peut ainsi être mobilisée en classe de sciences (Morge & Boilevin, 2007). Une fois ce premier lien établi, nous avons cherché à construire de nouvelles hypothèses relationnelles en tant que mise en relation d’une difficulté avérée avec une norme professionnelle hypothétique (Marlot & Morge, 2016b). Ces hypothèses relationnelles sont synthétisées dans le tableau ci-dessous⁵. Cette version – initialement construite à partir des programmes français - a été aménagée pour être en prise avec les programmes suisses et français, ces 2 pays préconisant la mise en œuvre de la démarche d’enseignement scientifique à l’école. Cette représentation sous forme de tableau ne rend cependant pas compte des croisements possibles entre les items. Par exemple, une difficulté peut être issue de plusieurs normes, ou bien une norme peut générer des difficultés diverses. C’est l’analyse fine de situations de classe, dans la suite de la recherche, qui permettra de rendre compte de manière plus précise des modalités d’interaction normes/difficultés.

La démarche d’enseignement scientifique à l’école (en Suisse romande) sera notée DSE (démarche scientifique à l’école) dans la suite de la présentation, comme c’est le nom d’usage dans les prescriptions suisses pour l’investigation.

4 Plan d’études romand (PER). Sciences de la nature. Cycles 1 et 2 (Conférence Inter cantonale de l’Instruction Publique de la Suisse Romande et du Tessin, 2012). Développement de la démarche d’enseignement scientifique selon 4 étapes : (1) Formulation de questions, d’hypothèses (2) Récolte et mise en forme des données (3) Analyse des données et élaboration d’un modèle explicatif (4) Communication

⁵ Nous noterons NP pour Norme Professionnelle et DIFF pour difficulté (de mise en œuvre de la démarche scientifique)

<p>1.NP : La démarche scientifique à l'école (DSE) doit être déclenchée par une situation complexe qui amène les élèves à se questionner. DIFF : Habillage forcé de la situation d'entrée qui peut éloigner les élèves des enjeux de savoir.</p>
<p>2.NP : Mettre en œuvre la DSE consiste à parcourir dans l'ordre les différentes étapes, telles que décrites dans le plan d'études. DIFF : Il n'y a qu'une seule démarche d'apprentissage scientifique qui est proposée aux élèves à l'exclusion de toutes les autres.</p>
<p>3.NP : Pour qu'il s'agisse d'une démarche scientifique, les élèves doivent élaborer un dispositif expérimental. DIFF : La DSE se limite à la conception et réalisation par les élèves d'un protocole expérimental.</p>
<p>4.NP : Dans la DSE, l'initiative doit être en grande partie laissée aux élèves. DIFF : L'enseignant intervient le moins possible (au lieu d'intervenir autrement) et la séance peut lui échapper.</p>
<p>5.NP : C'est l'expérience réalisée en classe qui permet de répondre à la question de départ. DIFF : Il y a peu d'argumentation en classe, on attend de l'expérience qu'elle donne directement accès à la connaissance.</p>
<p>6.NP : Dans une DSE, il faut commencer par faire émerger les représentations des élèves. DIFF : La préoccupation en termes de conception des élèves ne se manifeste qu'au début.</p>
<p>7.NP : Les discussions et débats doivent se faire en petits groupes d'élèves. DIFF : Risque de mise en place d'un débat d'opinion</p>
<p>8.NP : La DSE favorise l'apprentissage des élèves, bien mieux qu'un enseignement frontal. DIFF : La pertinence de la DSE mise en œuvre n'est pas interrogée par l'enseignant qui lui confère automatiquement une valeur pédagogique supérieure à toute autre forme d'enseignement.</p>
<p>9.NP : Dans les degrés primaires, la DSE doit viser des objectifs transversaux : langage, tri de collections, éducation à... DIFF : Les activités de sciences en classes sont orientées vers des enjeux transversaux ou relevant d'autres disciplines que les sciences expérimentales.</p>
<p>10.NP : Pour éveiller l'intérêt des élèves, la situation de départ doit être ancrée sur une situation quotidienne. DIFF : Risque de rester au niveau des concepts et des questions du quotidien.</p>

Tableau n°1 : Normes auto-prescrites hypothétiques et difficultés associées

Méthodologie : une analyse quantitative préliminaire

Le but ultime de cette recherche est de contribuer à la vérification de cette hypothèse relationnelle. Cette vérification est planifiée en plusieurs étapes et sur plusieurs années selon un programme de recherche :

- étape 1 : vérification de l'adhésion aux normes professionnelles hypothétiques par les enseignants (méthode quantitative par questionnaire) ;
- étape 2 : catégorisation en classes d'enseignants (méthode quantitative par séparation de variables (FI/FC...), par analyse factorielle et cluster ;

- étape 3 : vérification de l’existence de liens entre les normes professionnelles et les difficultés de mise en œuvre de la démarche scientifique à l’école et exploration des processus de transformation des prescriptions en normes générant potentiellement des difficultés (méthode qualitative par étude de cas qui mobilise l’analyse didactique de séances vidéo en articulation avec l’analyse d’entretiens et/ou d’auto-confrontations).

Ce chapitre vise principalement à répondre à la question de l’adhésion aux normes professionnelles, l’étape 1 de la recherche, et à explorer l’étape 2 en effectuant une première analyse par séparation de variable (Formation Initiale vs. Formation Continue) sur un échantillon d’enseignants suisses. Nous avons choisi de traiter cette question en premier car si les résultats montrent que les enseignants n’adhèrent pas aux normes, alors celles-ci ne peuvent pas générer de difficultés de manière significative et l’intérêt d’explorer cette piste s’affaiblit fortement. De manière plus précise, en fonction du taux d’adhésion aux normes, nous serions amenés à privilégier dans ce travail, l’étude des liens entre les normes ayant une adhésion forte et les difficultés.

C’est donc un questionnaire d’adhésion aux 10 normes professionnelles (NP) présentées ci-dessus qui a été passé à des enseignants suisses, leur demandant de se positionner sur une échelle à 5 niveaux (1. Pas d’accord du tout, 2. Pas vraiment d’accord, 3. Assez d’accord, 4. D’accord, 5. Tout à fait d’accord.). Des résultats significativement inférieurs à 3 montreraient un refus d’adhésion aux normes. Des résultats significativement supérieurs à 3 montreraient une adhésion aux normes. L’hypothèse nulle testée est l’absence d’adhésion ou de refus d’adhésion aux normes, si la moyenne n’est pas significativement différente de 3. Afin de tester si la moyenne est significativement différente de 3, nous avons effectué un test *t* bilatéral de Student en utilisant le logiciel R.

L’échantillon est composé de 146 participants suisses dont 85 enseignants issus de la formation initiale (3^{ième} et dernière année du Bachelor enseignement dans le premier degré), 61 enseignants issus de la formation continue. La majorité des enseignants exerce au niveau du primaire : 57 enseignants ont des élèves de 4 à 8 ans ; 76 enseignants ont des élèves de 8 à 11 ans, alors que 13 enseignants ont des élèves de 12 à 14 ans, ce qui correspond au collège en France.

Notons que cette méthodologie de recueil de données sur le degré d’adhésion par questionnaire trouve ses limites dans le fait qu’il s’agit d’une déclaration d’adhésion sans

confirmation de cette adhésion, ni par la mise en correspondance avec l'activité réelle des personnes, ni par des entretiens qualitatifs.

Résultats : une adhésion des enseignants suisses aux normes

Les résultats d'adhésion aux normes sont étudiés successivement 1) pour l'ensemble de l'échantillon d'enseignants, 2) en fonction de l'appartenance des enseignants au groupe de la Formation Initiale vs. Formation Continue.

Une adhésion aux normes susceptibles d'engendrer des difficultés

Le tableau suivant présente la moyenne obtenue à chacun des items, enseignants novices (formation initiale) et enseignants plus expérimentés (formation continue) confondus.

Item (NP)	Moyenne d'adhésion	Écart type lié à la moyenne d'adhésion	Significativité
1	3.78378	1.121314	t = 9.5073, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
2	3.87567	0.9211894	t = 12.929, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
3	3.68852	1.056757	t = 8.8139, p-value = $9.54 \cdot 10^{-16}$
4	3.59239	0.9245567	t = 8.6913, p-value = $1.995 \cdot 10^{-15}$
5	3.87431	0.9437745	t = 12.532, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
6	4.44505	0.7969228	t = 24.263, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
7	3.43169	1.106664	t = 5.277, p-value = $3.707 \cdot 10^{-7}$
8	4.11956	0.9506097	t = 15.976, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
9	3.875	0.9976064	t = 11.898, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$
10	4.15217	0.8924061	t = 17.513, p-value = $2.2 \cdot 10^{-16}$

Tableau n°2 : Adhésion des enseignants aux normes auto-prescrites hypothétiques

Les résultats montrent que les enseignants interrogés dans cette enquête, adhèrent majoritairement aux normes relatives à la mise en œuvre de la démarche scientifique à l'école, puisque les moyennes d'adhésion aux 10 items sont toutes supérieures à 3 de manière significative. La moyenne d'adhésion est la plus élevée pour les items 10, 8 et 6. Si l'on se réfère à chacune de ces 3 normes (cf. tableau 1), il est possible de dire, de manière assez générale, que pour les enseignants ayant répondu au questionnaire, la mise en œuvre de la DSE permet aux élèves de mieux apprendre qu'un enseignement essentiellement frontal, que dans une DS il faut commencer par faire émerger les

conceptions des élèves et qu’il faut trouver une situation de départ ancrée dans une situation quotidienne qui concerne directement tous les élèves pour éveiller leur intérêt. Dans l’hypothèse où le lien entre les normes et les difficultés est validé, nous pourrions alors considérer que les difficultés de mise en œuvre des démarches scientifiques à l’école pourraient être pour partie (mais pas seulement) liées au fait que les enjeux de savoirs restent ancrés au niveau des questions du quotidien, que la question du ratio « temps passé à mettre en œuvre une DS / apprentissage effectif des élèves en sciences et sur les sciences » n’est pas posée par l’enseignant et que la préoccupation en terme de conceptions des élèves ne se manifeste qu’au début de l’investigation. Ces premiers éléments d’enquête produits par cette analyse quantitative à gros grain doivent être considérés comme des tendances qui devront être d’une part, mis en regard avec les résultats des nombreuses recherches en didactique des sciences et d’autre part, être mis à l’épreuve des analyses effectuées de manière qualitatives lors de l’étape 3 de cette recherche.

Variations de l’adhésion aux normes professionnelles liées à l’ancienneté dans le métier

Si en moyenne il n’y a pas de différence significative entre les 2 groupes, lorsqu’on s’intéresse à chaque question de manière séparée, le *test t* de Student permet de comparer des moyennes issues de deux groupes différents.

Par ailleurs, nos analyses font apparaître des différences pour les questions 1, 2, 6 et 7 (tableau 3).

Norme	FC	FI	significativité
1	3.59090	4.00000	0.014
2	4.03409	3.74725	0.036
3	3.76744	3.59340	0.272
4	3.56818	3.64444	0.585
5	4.01162	3.75824	0.077
6	4.30232	4.59340	0.015
7	3.77011	3.12087	0.001
8	4.18181	4.05494	0.376
9	3.94318	3.80219	0.347
10	4.229885	4.08791	0.291
Moyenne	3.94	3.84	0.129

Tableau n°3 : Adhésion des enseignants en Formation initiale ou en formation continue aux normes auto-prescrites

Les enseignants issus de la formation initiale adhèrent plus volontiers que les plus expérimentés à l'idée qu'une démarche scientifique à l'école démarre par une situation complexe qui amène les élèves à se questionner et à l'importance de l'émergence des représentations et des conceptions initiales des élèves. En revanche, les enseignants issus de la formation continue adhèrent de façon plus importante à l'idée que mettre en œuvre cette démarche consiste à parcourir dans l'ordre les différentes étapes de la démarche et à l'importance de faire discuter les élèves en petits groupes.

Ces écarts pourraient signer des préoccupations et des focalisations différentes quant à la mise en œuvre de la démarche scientifique à l'école, les novices étant plus tournés vers des enjeux didactiques (importance de l'ancrage du problème à résoudre et du travail à partir des conceptions initiales des élèves) et les plus anciens dans le métier par des enjeux plus organisationnels (les 5 étapes de la démarche considérées comme un cadre structurant de la séquence⁶ et l'organisation en petits groupes pour les débats). Ces différences, *a priori* contre intuitives, pourraient être liées au rapport que chacune des catégories d'enseignant a

⁶ Une caractéristique de la démarche scientifique à l'école est justement sa dimension circulaire qui ne suppose pas un parcours selon un ordre chronologique et immuable, mais plutôt, pour chacune des étapes, la possibilité de revenir en arrière ou d'avancer plus rapidement. Un enseignant peu au fait de ces caractéristiques liées à l'activité scientifique peut alors penser que le parcours doit être effectué « dans l'ordre », si on veut que « ça marche ».

établi dans son parcours professionnel avec la démarche scientifique à l’école. Il faut savoir que la tertiarisation des instituts de formation des enseignants date en Suisse de moins de 10 ans. Avant cette date, les dispositifs de formation à l’enseignement des sciences s’appuyaient peu sur les résultats de la recherche en didactique et en épistémologie des sciences. Du fait de la formation, les novices sont plus en prise avec les connaissances didactiques et épistémologiques pour enseigner les sciences en lien avec la DSE (Démarche scientifique à l’école pour la Suisse). Nous pouvons penser qu’ils les considèrent comme premières, alors que les plus anciens, moins formés à l’enseignement des sciences et à la démarche scientifique à l’école s’appuient plus sur les dimensions organisationnelles et structurels que sur les enjeux. Une comparaison avec des échantillons d’enseignants issus d’autres pays dans lesquels la formation à la didactique et à l’épistémologie est plus ancienne permettrait d’alimenter l’argumentation en faveur de cette hypothèse.

En revanche, les réponses à la question 4 « *dans la DSE l’initiative est en grande partie laissée aux élèves* » sont homogènes pour les 2 catégories. Ce qui signifie que l’arrière-plan socio-constructiviste de la DSE est fortement mobilisé par la profession dans son ensemble et pourrait jouer le rôle de norme structurante. Ce qui pourrait se traduire par une forte autonomie laissée aux élèves au détriment du discours instructeur de l’enseignant (Bernstein, 2007), ce qui, dans la littérature scientifique, a été repéré comme une des causes de difficulté de mise en œuvre de la DSE. En effet, certaines interactions ne faisant pas l’objet de conclusions, peuvent laisser place à des connaissances erronées (Morge, 1997).

Conclusion et discussion

Mettre en œuvre des investigations dans les classes de sciences revêt des enjeux forts visant à impliquer les élèves dans l’activité, à développer une attitude critique, à développer un rapport spécifique avec l’empirie, à argumenter, à échanger, à adopter une posture rationnelle, à développer une vision de l’activité scientifique qui soit dynamique, cela afin d’orienter un plus grand nombre d’élèves, notamment des filles, vers les filières scientifiques et de former les citoyens de demain sont des enjeux souvent cités dans le cadre des politiques éducatives visant à promouvoir l’enseignement par investigation. Pour autant, les recherches montrent des difficultés de mise en œuvre de ces investigations dans les classes (Keys & Kennedy, 1999 ; Marlot & Morge, 2016a). Comprendre l’origine de

ces difficultés est donc un enjeu crucial si les politiques éducatives souhaitent que ces types de démarche d'investigation soient mises en œuvre le plus largement possible dans les classes. Du point de vue de la recherche, il s'agit de mieux comprendre comment et à quelles conditions, ce qui fait norme, peut aussi faire obstacle.

Alors que de nombreuses recherches ont mis l'accent sur les difficultés intrinsèques aux enseignants (typiquement des conceptions épistémologiques inadéquates) qui pourraient être interprétées comme le résultat d'un manque de formation, nous faisons l'hypothèse qu'à l'inverse, un certain nombre de difficultés pourraient être liées à la manière dont les enseignants s'approprient les prescriptions. Dans ce cas, du point de vue de l'enseignant, la prescription vient légitimer la décision qui, de fait, ne sera pas mise en doute. Du coup, cette difficulté risque de perdurer. Selon cette hypothèse de travail, certaines prescriptions, une fois réappropriées et diffusées par les enseignants, se constitueraient en normes auto-prescrites. Nous entendons par là des manières de faire qui peuvent être considérées comme une représentation de l'action souhaitable au regard des différentes prescriptions institutionnelles et qui, en quelque sorte, vont contribuer à redéfinir à leur avantage une situation plus ou moins difficile (Rayou, 2017).

Dans un travail précédent (Marlot & Morge, 2015), il a été construit de manière hypothétique, des liens probables entre des prescriptions, qui se transforment en norme professionnelles auto-prescrites lorsqu'elles sont appropriées par les enseignants, ces normes devenant sources de difficultés dans la mise en œuvre des investigations. L'existence de ces normes étaient alors parfaitement hypothétique et une des premières étapes de validation de ces hypothèses a donc consisté à vérifier l'existence de ces normes. Une analyse comparative des réponses des enseignants, selon qu'ils soient en formation initiale ou en formation continue, montre que globalement l'adhésion aux normes n'est pas significativement différente en moyenne. Si on regarde de manière plus précise, on s'aperçoit que les réponses à quatre items sur dix sont significativement différentes entre les deux populations et peuvent être interprétées au regard de la formation initiale nouvellement mise en place. Au-delà de ces quelques différences, il est possible de conclure que globalement et de manière assez homogène, l'ensemble des enseignants ayant répondu au questionnaire adhère aux normes qui sont susceptibles de générer des difficultés dans l'enseignement des sciences par investigation.

Maintenant que cette adhésion a été montrée pour cet échantillon d'enseignants suisses, nous souhaitons élargir l'enquête à d'autres pays qui incitent également leurs enseignants à mettre en œuvre des investigations. Il s'agit de voir si le contexte national (nature des

prescriptions primaires, formation...) peut avoir un effet sur l’adhésion aux normes ou si le corps enseignant, dans son ensemble, s’approprie les prescriptions d’une manière semblable. Il reste également à déterminer a) si l’adhésion varie en fonction d’autres caractéristiques des enseignants, b) comment ces normes se construisent à partir des prescriptions et c) comment elles pourraient expliquer en partie les difficultés de mise en œuvre des investigations. À la fin de ce programme de recherche, nous espérons être en mesure de proposer des éléments visant d’une part à contenir et affaiblir la construction de ces normes grâce à l’élaboration de prescriptions primaires et secondaires plus adaptées, et d’autre part, à déconstruire ces normes dans les espaces de formation, par exemple en pointant les liens entre ces difficultés et les normes auto-prescrites. Ainsi, s’il est bien connu que vouloir modifier à terme les pratiques des acteurs revient à mettre en dialogue leur système de représentations avec celui des pratiques effectives, faire résonner la question des difficultés de mise en œuvre de la démarche scientifique à l’école avec le couple « normes auto-prescrites / pratiques effectives » nous semble prometteur.

Bibliographie

- Barrère, A. (2013) La montée des dispositifs : un nouvel âge de l’organisation scolaire, *Carrefours de l’éducation*, 36(2), 95-116, doi :10.3917/cdle.036.0095
- Bautier, E. & Goigoux, R. (2004). Difficultés d’apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie*, 148, 89-100.
- Bernstein, B. (2007). *Pédagogie, contrôle symbolique et identité*. Laval : P.U. de Laval.
- Brickhouse, N.W. (1990). Teachers’beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Calmettes, B. (2015). *Didactique des sciences et démarche d’investigation*. Paris : L’Harmattan.
- Cariou, J.Y. (2013). De directives sentencieuses en formations minimalistes : persistance d’une épistémologie empiriste dans les textes, manuels et pratiques. Exemples dans l’enseignement en France et en Suisse. In H. Galli, N. Verney-Carron, J.-P. Alcantara, M. Jacques, L. Maurel. *Les didactiques au prisme de l’épistémologie. Une approche plurielle*. Dijon, Editions Universitaires de Dijon. 121-134.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris: PUF.
- Keys, C.W. & Kennedy, V. (1999). Understanding inquiry science teaching in context: a case study of an elementary teacher, *Journal of Science Teacher Education*, 10, 315–333.
- Lantheaume, F. & Simonian, S. (2012). La transformation de la professionnalité des enseignants : quel rôle du prescrit ? *Les Sciences de l’éducation Pour l’Ère nouvelle*, 3(45), 17-38.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future, in S.K. Abelle et N.G. Lederman (eds), *handbook of research on science education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 831-880.

- Marlot, C. & Morge, L. (2015). Des normes professionnelles à caractère doxique aux difficultés de mise en œuvre de séquences d'investigation en classe de sciences : comprendre les déterminations de l'action. *Recherches en Education*, 21,123-137.
- Marlot, C. & Morge, L. (2016a). *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Marlot, C. & Morge, L. (2016b). Existence des normes professionnelles et des règles génériques d'action dans la mise en œuvre de la démarche d'investigation scientifique : l'apport d'une méthodologie mixte. *9ièmes rencontres de l'ARDIST Lens*, 332-337.
- Morge, L. (1997). *Essai de formation professionnelle des professeurs de Sciences Physiques portant sur les interactions en classe. Etude de cas en formation initiale*. Thèse, Université Paris 7.
- Morge, L. (2000). Former les enseignants à interagir avec les élèves en classe de sciences. *Recherche et Formation*, 34, 101-112.
- Morge, L. & Boilevin, J.M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse d'exemples issus de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand, CRDP.
- PER Plan d'études romand (2012). *Sciences de la nature. Cycles 1 et 2*. Conférence Inter cantonale de l'Instruction Publique de la Suisse Romande et du Tessin. Accédé le 01/10/2019. url : <https://www.plandetudes.ch/per>
- Prairat, E. (2014). L'approche par les normes professionnelles, *Recherche et formation*, 75, 81-94.
- Rayou, P. (2017). S'améliorer pour améliorer l'école des réseaux et des savoirs : Sur l'ouvrage d'Anthony S. Bryck, accelerating how we learn to improve. *Éducation & Didactique*, 11(2), 39-43.
- Tiberghien, A. (2016). Culture scientifique et technologique : évaluation PISA, in Marlot & Morge, *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Résolution de défis et pensée informatique : quelle analyse en font les enseignants ?

Drot-Delange, Béatrice⁽¹⁾, Tort, Françoise⁽²⁾

⁽¹⁾ ACTé, Université Clermont Auvergne – France

⁽²⁾ STEF, ENS Paris Saclay – France

Introduction

Le concours Castor a pour objectif de promouvoir la science informatique auprès des plus jeunes, dans un contexte où elle est peu, voire pas, présente dans les programmes scolaires (Dagiene, 2010). Créé en 2004 en Lituanie, il est organisé aujourd’hui dans plus de 20 pays. En France, il est proposé en collaboration par l’INRIA, l’ENS Paris-Saclay et l’association France IOI¹ qui se chargent de l’édition des contenus et de la mise en œuvre technique. Il est ouvert aux élèves des cycles 3, 4 et 5 - c’est à dire de la classe de CM1 à l’école primaire (9-10 ans) jusqu’à la classe de terminale au lycée (17-18 ans). L’inscription des candidats est à l’initiative des enseignants, qui choisissent le plus souvent de faire participer leurs classes entières. Ils organisent et encadrent la passation du concours sur le temps scolaire, dans leurs établissements.

Les initiateurs du concours sont face à un enjeu de taille : proposer un cadre commun de conception des défis (pour reprendre leur terminologie), acceptable et adapté à l’ensemble des pays participants, compte tenu de la diversité de l’enseignement de l’informatique dans ces différents pays. Le choix a été fait de circonscrire les domaines de l’informatique auxquels doivent référer les défis (Dagiene, Sentence & Stupuriené, 2017) : algorithmique et programmation ; communication et réseaux ; données, structures et représentations ; interactions, systèmes et société ; processus informatiques et matériels.

¹ Association loi 1901 qui crée et diffuse gratuitement des outils et contenus pédagogiques en algorithmique et programmation, url : <http://www.france-ioi.org/>

De plus, les défis doivent adopter un format qui permette aux élèves de développer des habiletés de la pensée informatique telles que l'abstraction, la pensée algorithmique, la décomposition, l'évaluation et la généralisation (Dagiene & Sentance, 2016).

Or, chacune de ces deux dimensions (domaines et pensée informatique) sont loin de faire consensus parmi les chercheurs. Des discussions ont lieu sur les domaines de l'informatique (Denning & Martell, 2015). Il n'existe pas non plus de définition opératoire et consensuelle de la pensée informatique (Shute, Sun & Asbell-Clarke, 2017). Celle-ci n'est pas toujours structurante des programmes scolaires. Par exemple, en France, d'autres références sont utilisées. Les contenus des programmes des enseignements d'informatique du lycée² sont construits autour des quatre concepts de la science informatique tels qu'ils ont été définis par Dowek (2011) : information, algorithme, langage, machine. Articulation que l'on retrouve aujourd'hui dans les programmes de l'enseignement obligatoire (écoles et collèges). Pourtant, les défis du concours Castor français embarquent les mêmes principes qu'au niveau international et de nombreux enseignants français en apprécient la qualité (Tort, Kumer-Hannoun & Beaune, 2013).

Dans une publication précédente (Drot-Delange & Tort, 2018), nous avons montré que les énoncés des défis seuls ne permettaient pas toujours aux enseignants, possédant une expérience importante dans l'enseignement de l'informatique, de cerner quels étaient les champs de l'informatique mobilisés ou potentiellement mobilisables dans les défis. Selon le point de vue des promoteurs du concours, la résolution des défis met en œuvre une pensée informatique. Nous nous demandons dans ce chapitre comment les enseignants analysent la résolution de ces défis par des élèves et plus particulièrement dans quelle mesure cette analyse renvoie aux catégories de la pensée informatique.

Problématique

L'expression « *computational thinking* » a été utilisée par Papert (1996) alors qu'il proposait d'introduire l'utilisation des tortues graphiques dans l'enseignement des mathématiques. Cette expression a été reprise dans un plaidoyer pour l'enseignement de

² Nous faisons référence ici aux enseignements optionnels en vigueur au moment de l'étude : Informatique et création numérique (ICN) en classe de seconde, et Informatique et science du numérique (ISN) en classes de première et de terminale de la spécialité scientifique. Au moment de l'écriture du présent chapitre, dans le cadre de la réforme des lycées, de nouveaux enseignements d'informatique sont en cours de création.

l'informatique pour tous par Wing (2006), pour désigner une manière de formuler les problèmes et de les résoudre qui repose sur les concepts fondamentaux de l'informatique.

Depuis, de nombreuses revues de littérature font le constat d'une forte diversité des approches de la notion de pensée informatique (Shute et al., 2017).

Trois concepts émergent de la littérature analysée par Selby et Woolward (2013) et feraient consensus : un processus cognitif, le concept d'abstraction et le concept de décomposition.

Il est intéressant de relever les notions candidates qu'ils ne retiennent pas parce que mal définies, trop larges ou parce qu'elles mettent en évidence l'utilisation de compétences ou qu'elles développent l'acquisition de ces compétences. C'est le cas, par exemple, de la résolution de problème. Ils proposent pour finir leur propre définition de la pensée informatique : une activité associée à la résolution de problèmes, mais qui ne s'y limite pas, qui inclut la capacité à penser algorithmiquement, en termes de décomposition, d'évaluation, à penser des généralisations et des abstractions.

Plusieurs recherches tentent de modéliser la pensée informatique et d'en définir les processus cognitifs, les capacités, les concepts, ou les compétences, selon l'approche privilégiée par les chercheurs. Parmi ces études, le modèle proposé par Barr et Stephenson (2011) renvoie aux concepts et capacités (*capabilities*) associées à la pensée informatique. Ils en définissent les facettes telle que la collecte, l'analyse et la représentation des données, la décomposition, l'abstraction, les algorithmes, l'automatisation, le parallélisme et la simulation. Parmi les faiblesses repérées par Shute et al. (2017) concernant ce modèle, figure l'échec à distinguer concept et compétence, l'abstraction pouvant être tantôt concept tantôt compétence. Ils proposent eux-mêmes un modèle où la pensée informatique est décrite en 6 facettes : décomposition, abstraction, algorithmes, débogage, itération et généralisation. Leur modèle se différencierait des autres par sa focalisation sur des concepts pour traiter des problèmes avec une perspective de pensée informatique. Selon leurs auteurs, ce modèle serait approprié aux matières de l'enseignement secondaire, et pas seulement à la programmation. La nature des composantes de la pensée informatique est très variable d'une étude à l'autre, études souvent peu généralisables. C'est le cas par exemple de celle de Brennan et Resnick (2012) qui catégorisent la pensée informatique mise à l'œuvre par des jeunes programmeurs Scratch en concepts, pratiques et perspectives.

Selon Dagiene et al. (2017), une définition plus « opérationnelle », en termes de concepts et savoir-faire (*skills*) mobilisés par la pensée informatique, serait nécessaire aux concepteurs des défis du concours Castor. Elle le serait aussi aux enseignants qui

souhaiteraient utiliser ces défis comme ressources pour leur enseignement. Parmi les nombreuses définitions de la pensée informatique, c'est finalement l'approche proposée par Selby et Woolward (2013) et reprise en Grande-Bretagne à destination des enseignants (Csizmadia et *al.*, 2015) qui a été retenue par les créateurs du concours Castor.

Selon Csizmadia et *al.* (2015), l'abstraction facilite la réflexion sur un problème. Elle se traduit par la capacité à sélectionner les informations utiles à la résolution du problème, à le modéliser ou à le représenter sous une forme plus simple, plus compréhensible. La généralisation est la capacité à identifier des régularités, des similitudes, à faire des liens. Elle permet de reconnaître qu'un problème appartient à une famille de problèmes déjà rencontrée, mais aussi de mobiliser une stratégie déjà mise en œuvre dans une situation antérieure. Ainsi, les algorithmes adaptés à un problème donné peuvent être généralisés à une classe de problèmes. Évaluer, c'est être capable de décider qu'une solution est la bonne, selon différents critères possibles (facilité, rapidité, utilité, etc.). La pensée algorithmique est la capacité à trouver une solution en formulant clairement les étapes de cette solution. Elle évite de devoir repenser la solution à chaque rencontre d'une occurrence d'un problème. Enfin, la décomposition recouvre le fait de penser un artefact ou une activité en étapes, composants, ou parties plus élémentaires, chacune pouvant alors être elle-même analysée.

Ces différentes facettes de la pensée informatique sont utilisées par certains pays pour fournir un guide de sélection des ressources du concours Castor à l'enseignant³. Ainsi, au Royaume-Uni, la pensée informatique est présentée, explicitement, dans l'introduction des programmes en informatique⁴, comme un objectif de cet enseignement pour comprendre et changer le monde. Mais à la lecture des programmes, on constate, d'une part, que la pensée informatique n'y est pas définie et, d'autre part, que l'élaboration de la relation entre pensée informatique et items du programme reste à la charge de l'enseignant. Fournir aux enseignants des ressources explicitant ces relations serait donc un élément facilitateur de leur travail.

En France, si les textes ne font pas explicitement référence à la pensée informatique, Bruillard (2017) montre que le choix d'une référence forte à la science informatique inscrit ces programmes dans une approche visant à aider les élèves à construire cette pensée.

³ UK Bebras Computational Thinking Challenge. Answers 2016, consulté le 03/04/19, url : <http://www.bebbras.uk/uploads/2/1/8/6/21861082/uk-bebras-2016-answers.pdf>

⁴ The National Curriculum in England, consulté le 03/04/19, url : www.education.gov.uk/nationalcurriculum

Les défis s'appuient sur les catégories de la pensée informatique et sur les domaines de l'informatique. La question que nous nous posons est celle de savoir quelle lecture font les enseignants de la résolution par les élèves des défis du concours Castor, notamment en termes de mobilisation de la pensée informatique. Pour apporter quelques éléments de réponse, nous avons soumis des vidéos de résolution de défis par des élèves à l'analyse d'enseignants, selon la méthode suivante.

Méthodologie

Nous avons sélectionné trois défis du concours Castor : « Course de grenouille », « Labyrinthe » et « Robot peintre » (cf. figure 1). Ils relèvent tous d'une activité de programmation et proposent une modalité encourageant l'interaction avec le système. Nous avons déjà montré (Drot-Delange et Tort, 2018) que ces défis étaient « transparents » car associés au même domaine de savoirs, la programmation, par les enseignants et les concepteurs⁵.

Nous avons filmé 24 élèves de lycée pendant qu'ils résolvaient individuellement ces défis, en présence d'une observatrice. Cette dernière avait pour consigne d'encourager l'élève à expliquer ce qu'il-elle faisait, lorsque cela paraissait nécessaire. La prise de vue couvrait l'écran de l'ordinateur et les gestes de l'élève proches de l'écran, le discours et les échanges oraux étaient enregistrés.

Nous avons demandé à des enseignants d'informatique au lycée d'étudier les défis et d'identifier le(s) stratégie(s) de résolution que des élèves de lycée mettraient en œuvre. Nous leur avons ensuite demandé de visualiser les vidéos des élèves et d'évaluer les stratégies de résolution effectivement mises en œuvre, de préciser si elles leur paraissaient surprenantes, originales ou attendues, et d'identifier les connaissances mobilisées par l'élève. Chaque enseignant a visualisé de 5 à 8 vidéos, pour une durée cumulée de 35 à 45 minutes, et en a produit une analyse écrite.

Les trois enseignants sollicités sont deux enseignants de mathématiques et un enseignant de génie électronique⁶ ; tous enseignent la spécialité « Informatique et Sciences du

⁵ Plus exactement, le défi « course de grenouille » a bien été associé à la programmation par les enseignants interrogés et les concepteurs, mais il a été classé « opaque » par l'étude car l'un des enseignants y a vu d'autres domaines de savoirs en plus.

⁶ L'enseignant de génie électronique intervient dans la filière Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D).

Numériques » depuis sa création, en 2012. Ils font passer régulièrement le concours Castor à leurs élèves, de la seconde à la terminale.

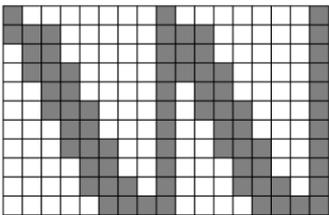
Robot peintre

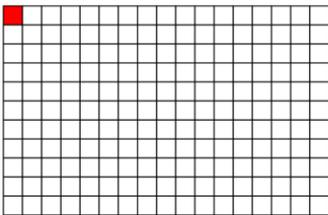
Castor a acheté un robot programmable pour peindre le sol de sa maison.

Voici quelques exemples de programmes et leur effet :

1S	avance de 1 case vers le sud
3E 1O	avance de 3 cases vers l'est, puis 1 case vers l'ouest
3S 2E 1N	avance de 3 cases vers le sud, puis 2 cases vers l'est, puis 1 case vers le nord
3E 4(3S 2E 1N)	avance de 3 cases vers l'est, puis exécute le programme ci-dessus 4 fois de suite
2(3E 4(3S 2E 1N)) 1N	exécute deux fois le programme ci-dessus, puis avance de 1 case vers le nord

Aidez Castor à écrire un programme de moins de 50 caractères qui reproduit le motif de gauche. Le robot commence sur la case rouge.







Votre programme :

Essayer le programme
Valider
Recommencer

Figure n°1 : Un défi du concours Castor 2013, sélectionné pour cette étude.

A l'issue de l'expérimentation, nous disposons de deux corpus : les analyses *a priori* des défis et les analyses des vidéos. Nous avons réalisé une analyse thématique de ces productions écrites à l'aide du logiciel NVivo 10. Nous avons procédé d'abord de manière ascendante en respectant le plus possible les expressions et les termes utilisés par les enseignants. Ensuite, nous avons regroupé les nœuds obtenus en catégories correspondant à celles de la pensée informatique. Pour ce faire, nous avons notamment utilisé les listes de mots clés associées à chaque catégorie dans Dagiene et *al.* (2017). Le tableau 1 présente le principe de codage que nous avons appliqué. Il est inspiré de celui présenté par Dagiene et *al.* (*ibid.*) mais détaille plus précisément les pratiques codées. Les mots, les fragments de texte, les phrases ont été retenus en ce qu'ils représentaient quelque chose de pertinent par rapport à ces pratiques, soit parce qu'elles étaient mentionnées explicitement par l'enseignant, soit parce qu'elles pouvaient être inférées par le chercheur. Des exemples de ces inférences sont précisés dans la présentation des résultats.

Catégories	Pratiques
Abstraction	Manipuler une représentation abstraite (tel que graphique, tableau) ; construire une telle représentation ; simplifier un problème en ôtant les détails inutiles.
Pensée algorithmique	Créer et exécuter un algorithme ; écrire un programme ; procéder séquentiellement.
Décomposition	Décomposer le problème en objectif intermédiaire, en sous-tâches, en sous parties à traiter.
Évaluation	Tester, vérifier, contrôler par rapport à une référence ; sélectionner/comparer des éléments ; respecter des contraintes.
Généralisation	Identifier un problème connu ; repérer des similarités, des patrons ; réutiliser une solution, l'adapter la situation.

Tableau n°1 : Principe de codage des pratiques repérées par les enseignants avec les catégories de la pensée informatique

Le discours des enseignants est un discours sur les connaissances qu'ils supposent mises en œuvre par les élèves dans l'activité observée. Les textes produits par les enseignants sont contextualisés : à partir des gestes ou actions observés, ils explicitent ce que l'élève fait ou cherche à faire pour le défi en question. Le processus de codage vise à associer cette analyse aux catégories de la pensée informatique prônée par les initiateurs du concours Castor. La résolution des défis serait la preuve de la mise en œuvre d'une pensée informatique.

Résultats et discussions

Le codage des analyses de vidéos avec les catégories de la pensée informatique donne la répartition suivante, pour l'ensemble des 113 fragments codés (cf. figure 2).

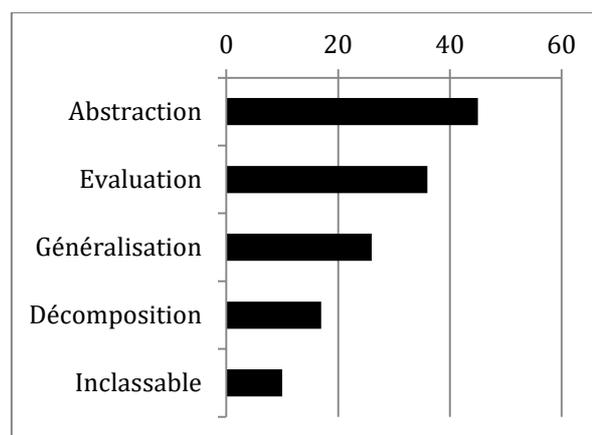


Figure 2 : Nombre de fragments de discours codés dans chaque catégorie.

L'abstraction

Les références à la capacité d'abstraction prédominent dans les discours des enseignants. Dans le détail, ils parlent, outre de « comprendre une consigne » (15 fragments codés), de « visualiser mentalement » (9 fragments) au sens d'anticiper le résultat de l'exécution des instructions de déplacement sur une grille, ou, en sens inverse, de trouver les instructions correspondant à un déplacement. Ils constatent cette capacité chez un élève : « Manifestement, cet élève a bien compris la situation et est capable de visualiser pas à pas le déroulement du programme sans l'exécuter », ou, au contraire, s'étonnent de l'insuccès d'un autre élève : « Je suis surpris qu'il ne parvienne pas à exécuter le déplacement mentalement ». Ils opposent cette capacité au fait de faire exécuter plusieurs fois le programme pour en voir le résultat : « L'élève a besoin d'exécuter le programme et corrige au fur et à mesure. Cela révèle peut-être un manque de capacités d'abstraction ».

Pour les enseignants, il s'agit de visualiser le problème, autrement dit de comprendre la situation. En effet, selon Richard (1990) comprendre la situation, c'est mobiliser ou construire une représentation particularisée de celle-ci, représentation qui s'élabore à partir des informations dont on dispose (Julo, 1995). Les processus à l'œuvre dans la résolution de problèmes renvoient à différents niveaux de description : la stratégie qui rend compte de l'orientation suivie pour la résolution, les procédures comme ensemble des opérations élémentaires mis en œuvre pour atteindre le but proposé, les outils, qui se situent du côté des connaissances (Julo, *ibid.*). Pour les enseignants, la résolution ne devrait pas faire appel à des procédures de type pas-à-pas, mais bien à l'abstraction de la situation proposée dans le défi, à sa modélisation.

Notons cependant que le concours Castor repose sur l'absence de prérequis. La résolution des défis ne devrait donc pas passer par les outils liés à l'apprentissage de la discipline informatique, tels que les algorithmes, les concepts informatiques, etc. Lorsque l'élève n'arrive pas à se représenter le problème, ou ne dispose pas des connaissances opératoires nécessaires, la procédure mise en place est celle de l'interaction avec l'artefact. Le tâtonnement, l'action, et les essais sont en effet des formes de passage à l'action dans la résolution de problèmes (Julo, *ibid.*).

Ce tâtonnement est parfois jugé normal par les enseignants « quand on ne sait pas, on essaie, on tâtonne », mais il peut aussi être jugé négativement en regard de l'efficacité de la stratégie « 10 minutes de tâtonnement, essais, modifications pour parvenir au résultat » et associé à la capacité à prendre une décision, « c'est la stratégie d'un élève qui ne sait pas

faire, qui ose peu ; il découvre petit à petit comment résoudre le problème ». Il s'agit là pour l'élève de construire l'espace problème, dans lequel les interactions avec l'interface peuvent être parties prenantes.

L'évaluation

Les références à la capacité d'évaluation sont également importantes dans les processus repérés par les enseignants. Il est le plus souvent question d'une démarche qu'ils dénomment « essai-erreur » (15 fragments codés). L'élève efficace fait des prévisions et organise des tests pour « vérifier une solution » (14 fragments) : « il a voulu faire un premier essai pour vérifier ses prévisions puis a conclu au deuxième essai ». Le terme erreur ne semble d'ailleurs pas approprié : « L'élève a acquis la démarche tentative/essai sur des instructions courtes, répétitions peu nombreuses. Une fois validée par le test, il n'a plus qu'à itérer autant que nécessaire. » Une enseignante qualifie cette démarche de « stratégie informatique : essai sur peu de code pour vérifier au fur et à mesure que cela fonctionne, permet de gérer plus facilement les bugs. ».

Cependant, ce procédé peut être « laborieux », voire inefficace, donnant lieu à des erreurs : « L'élève procède par essais erreurs. Il fait de nombreux essais infructueux et ne semble pas pouvoir anticiper le résultat sans exécuter le programme. ». Dans ce cas, l'efficacité passe par la capacité à identifier les erreurs (16 fragments) : « Démarche normale pour quelqu'un qui visualise bien ce qu'il y a à faire et constatant une erreur ou pensant qu'il y a une erreur, s'aide d'un support (la souris) pour tester son codage » et à les corriger : « Essai/Erreur assez productif au final ; il rentre petit à petit dans le jeu et apprend de ses erreurs pour avancer ».

Cette stratégie mise en œuvre par certains élèves n'est d'ailleurs pas sans rappeler celles observées par Komis et Misirli (2015) chez de plus jeunes élèves avec des jouets programmables. Selon eux, l'élève « n'a pas verbalisé l'algorithme (...). Il ne dispose donc pas d'une représentation mentale de l'algorithme et par conséquent il approche par essai et erreur pour trouver une solution » (p. 222).

Ce que les enseignants nomment « essai-erreur » ne recouvre pas totalement une dimension parfois citée comme composante essentielle de la pensée informatique, à savoir celle de débogage. Par exemple, Bers, Flannery, Kazakoff et Sullivan (2014) la considère comme au cœur de la pensée informatique. Le débogage constitue selon eux une mesure du développement de la pensée informatique chez les enfants. On la retrouve aussi chez Shute et *al.* (2017), définie comme la détection et l'identification des erreurs, leur correction,

quand une solution ne fonctionne pas comme elle devrait. Bers et *al.* (2014) identifient les différentes étapes par lesquels passent les enfants pour déboguer : d'abord la reconnaissance d'un écart à l'état final attendu ou que quelque chose ne fonctionne pas comme attendu, puis choisir de maintenir l'objectif initial ou se tourner vers une alternative, ensuite formuler des hypothèses sur la cause du problème et enfin tenter de résoudre le problème. Ce qui semble distinguer les essais/erreurs du débogage est l'absence de stratégie dans le premier cas et la méthode systématique du second.

Là encore on peut considérer qu'il s'agit d'un apprentissage lié à l'informatique et plus généralement aux ingénieries. Cet apprentissage ne se rencontre pas chez tous les élèves, du fait de l'absence d'un enseignement d'informatique systématique dans la scolarité des élèves que nous avons filmés.

La généralisation

La capacité de généralisation se retrouve lorsque l'élève est capable de reconnaître la situation proposée : « L'élève connaît la structure itérative et sait reconnaître une situation itérative » ou sait comprendre la caractéristique du problème : « il comprend la nécessité d'éviter la collision [entre deux robots] ». Un enseignant parle également de savoir adopter « une vision globale du problème » et ne pas se cantonner à réaliser un premier motif sans voir qu'il faudra le réutiliser dans une boucle plus large.

Il s'agit là encore de se représenter le problème, de comprendre la situation, de reconnaître une situation déjà connue, voire de raisonner par analogie avec cette situation connue. De plus, cette situation nécessite, pour la résoudre efficacement, la connaissance de concepts informatiques tels que les structures de contrôles comme les structures itératives ou le parallélisme. Les contraintes posées dans le défi « Robot peintre », nécessitant de restreindre le nombre d'instructions, se veulent une incitation à utiliser la structure itérative. L'évitement de la collision entre les deux grenouilles (défi Course de grenouilles) incite à penser l'importance du temps et des actions simultanées dans l'écriture du programme. Pour autant, on peut considérer que faute d'avoir déjà rencontrée ce type de situation, la résolution sera plus ou moins facilitée.

La décomposition

La capacité de décomposition est révélée lorsque l'élève procède par étapes distinctes et que l'enseignant peut numéroter les étapes et en décrire l'objectif. L'enseignant peut également en regretter l'absence : « N'essaie pas de coder d'abord un motif mais l'ensemble

de la boucle sans comprendre ». Une stratégie revient plusieurs fois, contraire à la décomposition, qui est basée sur la déduction. Il s'agit du « procédé pas à pas » (7 fragments codés). L'élève semble avoir peu de connaissances, et ne pas être en mesure de généraliser le problème : « sans vision globale, il continue sa programmation pas-à-pas ».

Autrement dit, l'enseignant considère que l'élève n'applique pas l'interprétation canonique de ce problème, qui est aussi celle des concepteurs, à savoir l'identification d'un motif qui se répète et qui permet d'optimiser le codage de la boucle. Richard (1990) définit l'interprétation canonique comme l'interprétation privilégiée d'un problème, interprétation qui fait consensus. On peut se demander si cette interprétation privilégiée est accessible sans avoir auparavant été confronté à ce type de problèmes. Autrement dit, dans le cas du concours Castor, sans formation à l'informatique, on peut considérer que les élèves découvrent de nouveaux problèmes pour lesquels ils ne disposent pas d'interprétations canoniques. Pour reprendre les concepts de Richard (*ibid.*), l'espace de la tâche (c'est-à-dire l'espace de recherche correspondant à l'interprétation canonique) ne correspond pas à l'espace du problème (c'est-à-dire à l'espace de recherche correspondant à l'interprétation du sujet).

La pensée algorithmique

La référence à une pensée algorithmique est rare dans les analyses des enseignants. Elle s'exprime quand l'enseignant formule le programme que l'élève est en train d'écrire. Par exemple, pour le défi « Courses de grenouilles », un enseignant explique que l'élève « identifie les ordres de déplacements pour les deux grenouilles (...) et enfin retarde l'arrivée pour synchroniser les deux programmes ».

Les trois défis de notre corpus relèvent de l'activité de programmation et mobilisent donc la pensée algorithmique, au sens où il faut imaginer les étapes pour résoudre le problème. Nous supposons qu'une explication du faible nombre de fragments de discours codés dans cette catégorie réside dans le fait qu'elle ne se situe pas au même niveau que les autres. En effet, décrire les étapes d'une solution peut passer d'abord par l'abstraction, par la décomposition, etc. L'analyse des opérations et des gestes des élèves survalorise probablement ces catégories au détriment de la pensée algorithmique.

Hors catégories de la pensée informatique

Dans la catégorie « inclassable », on trouve des capacités manipulatoires, liées à l'utilisation d'une interface : l'élève « semble habitué à "manipuler", les connaissances

sont donc plus générales et "pratiques" que liées à ce type d'exercice » ou éventuellement liées à la pratique des jeux : « Dans certains jeux pédagogiques l'utilisation des flèches pour coder un déplacement est courant ». Il s'agit de connaissances opératoires que les élèves ont pu développer dans des pratiques extrascolaires. De telles connaissances ne sont pas identifiées comme catégories de la pensée informatique par les promoteurs du concours Castor.

Conclusion

La question que nous nous posions était celle de savoir quelles analyses les enseignants d'Informatique et Sciences du Numérique faisaient de la résolution des défis du concours Castor par des élèves. Nous nous interrogeons pour savoir dans quelle mesure cette analyse renverrait aux catégories de la pensée informatique.

La pensée informatique est définie comme un ensemble de processus cognitifs. Dans un contexte écologique, les défis du concours Castor n'exigent pas la justification de la réponse apportée. Il n'y a pas de traces du raisonnement mené, ni des prises d'information réalisées par l'élève. Si les concepteurs considèrent que la résolution des défis met en œuvre la pensée informatique, il nous a paru intéressant de regarder, indirectement, ce qu'il en était du côté des enseignants.

Nous avons fait réaliser cette analyse par des enseignants en informatique en lycée car ils connaissent bien l'objet de l'activité, les élèves et leurs cursus. Lorsque les enseignants analysent la résolution des défis par les élèves, ils le font en repérant les actions et les opérations effectuées avec et sur l'artefact que constitue chaque défi. Leur expérience professionnelle leur permet d'inférer les savoirs et les savoir-faire qu'ils supposent mis en œuvre par les élèves.

Nous avons ensuite associé ces connaissances aux différentes catégories de la pensée informatique, telles qu'elles sont présentées par les promoteurs du concours. Les résultats montrent que les discours des enseignants couvrent bien les cinq catégories de la pensée informatique, même s'ils n'utilisent pas explicitement les termes. Mais nous avons aussi relevé des connaissances qui n'étaient pas prises en charge par cette catégorisation, telle les capacités manipulatoires des artefacts. De même, l'analyse des enseignants montre la difficulté de certains élèves à inférer, à partir des énoncés des défis, les connaissances (boucle, etc.) de l'informatique nécessaires à leur résolution.

Dans le discours des concepteurs du concours, nous constatons un paradoxe à vouloir considérer que les défis du concours reposent sur les catégories de la pensée informatique et dans le même temps que leur résolution ne fait pas appel à des prérequis en informatique. Cela reviendrait à dire que chacun, dans sa vie quotidienne, peut développer cette forme de pensée, de manière non conscientisée. Cela reviendrait-il à considérer que la formation des élèves et, au-delà, des enseignants, n'est pas nécessaire ? On peut alors s'interroger sur l'engouement pour la pensée informatique au sein de l'éducation.

Résoudre les défis du concours ne constitue pas en soi un apprentissage explicite des connaissances de l'informatique. Les résultats de cette étude exploratoire nous font penser que les difficultés repérées par les enseignants auprès de certains élèves rendent indispensable l'acquisition de connaissances informatiques pour développer cette pensée informatique.

Bibliographie

- Barr V. & Stephenson C. (2011) Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community? *Acm Inroads*, 2(1), 48–54.
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145–157.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada.
- Bruillard, É. (2017). Enseignement de l'informatique entre science et usages créatifs : quelle scolarisation ? In J. Henry, A. Nguyen, & É. Vandeput (éd.), *L'informatique et le numérique dans la classe. Qui, quoi, comment ?* (pp. 205-218). Namur : Presses Universitaires de Namur.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). Computational thinking: A guide for teachers. *Computing at Schools*.
- Dagiene, V. (2010) Sustaining Informatics Education by Contest. In J. Hromkovič, R. Královič, & J. Vahrenhold (eds.) *Teaching Fundamental Concepts of Informatics, proceedings of ISSEP 2010*, LNCS 5941 (pp. 1-12) Berlin:Springer.
- Dagiene, V., & Sentance, S. (2016). It's Computational thinking! Bebras tasks in the curriculum. In *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives* (pp. 28-39). Berlin:Springer.
- Dagiene, V., Sentance, S., & Stupurienė, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. *Informatica*, 28(1), 23-44.
- Denning, P. J. et Martell, C. H. (2015). *Great Principles of Computing*. The MIT Press.
- Dowek G. (2011) Les quatre concepts de l'informatique. In G.-L. Baron, É. Bruillard, V. Komis. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratiques et enjeux didactiques* (pp.21-29), Patras, Grèce : New Technologies Editions,

- Drot-Delange, B. et Tort, F. (2018). Concours Castor, ressource pédagogique pour l'enseignement de l'informatique ? In G. Pariaud, J.-P. Pellet, G.-L. Baron, É. Bruillard, V. Komias (éd.) *De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école, Actes du colloque Didapro 7 - DidaSTIC*. (pp. 199-218) Lausanne : Peter Lang.
- Julo, J. (1995). *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques : un apport de la psychologie cognitive à l'enseignement*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Komis, V., & Misirli, A. (2015). Apprendre à programmer à l'école maternelle à l'aide des jouets programmables. G.-L. Baron, E. Bruillard, B. Drot-Delange (dir.). *Informatique en éducation : perspectives curriculaires et didactiques* (pp. 209-226). Clermont-Ferrand, France : Presses universitaires Blaise Pascal.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95-123. Consulté le 03/04/19. Url : <http://www.papert.org/articles/AnExplorationintheSpaceofMathematicsEducations.html>
- Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition [Monograph]. Consulté le 03/04/19, url : <https://eprints.soton.ac.uk/356481/>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158.
- Tort F., Kumer-Hannoun P. & Beaune A. (2013). Engagement et motivations des enseignants du secondaire pour la passation d'un concours d'informatique. In B. Drot-Delange, G.-L. Baron, É. Bruillard. *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif*, Clermont-Ferrand
- Wing J.M. (2006) Computational thinking. *Communication ACM*, 49(3), 33-35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Amorce du développement professionnel de futurs enseignants par leur participation à une communauté d'apprentissage en éveil scientifique

Poffé, Corentin⁽¹⁾, Hindryckx, Marie Noëlle⁽²⁾

⁽¹⁾ Unité de recherche en Didactique et Formation des Enseignants (DIDACTIfen)

⁽²⁾ Service de Didactique des Sciences biologiques, Université de Liège - Belgique

Cadre

En Belgique francophone, le décret « Missions » de 1997 a fixé le document « Socles de compétences » (Gouvernement de la Communauté française, 1999) comme étant le référentiel présentant les compétences de base à exercer. En ce qui concerne l'éveil scientifique, ce référentiel adopte une position résolument en faveur de l'apprentissage d'une démarche scientifique. Plusieurs auteurs ont décrit cette démarche et ses différentes composantes qu'ils nomment tantôt « scientifique » tantôt « d'investigation » (Saltiel, 2005 ; Morge & Boilevin, 2007 ; Calmettes, 2009 ; Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009 ; Cariou, 2010, 2011 ; Daro, Graftiau & Stouvenackers, 2015). Force est de constater que la mise en place, dans les classes, d'un enseignement axé sur une démarche scientifique ne se fait pas sans mal. Plusieurs auteurs en ont fait le constat (Demeuse & Monseur, 2000 ; Belleflamme, Graillon & Romainville, 2008 ; Conseil wallon de la Politique Scientifique, 2013).

Partant de ces constats inquiétants, nous avons progressivement mis en place un dispositif de collaboration depuis l'année académique 2010-2011, sur le modèle de la communauté d'apprentissage de développement professionnel, vouée à l'apprentissage de l'enseignant (Wilson & Berne, 1999, cités par Dionne & Couture, 2013 ; Samson, Lepage & Robert, 2013). Ce dispositif a pris place dans la formation initiale des futurs enseignants du niveau préscolaire (pour des élèves âgés de 2,5 à 6 ans) et dans celle des futurs enseignants en

sciences biologiques du niveau secondaire supérieur (pour des élèves âgés de 15 à 18 ans). Ces formations émanent d'institutions différentes : les enseignants du préscolaire sont formés en trois années en Haute École pédagogique et ceux du secondaire supérieur, en un an à l'Université. La communauté d'apprentissage décrite prend place lors de la troisième et dernière année de formation des futurs enseignants de préscolaire.

Une communauté d'apprentissage (Dionne, Lemyre & Savoie-Zajc, 2010) peut se définir comme...

« ... un dispositif qui, dans sa dimension cognitive, vise le développement de la pratique pédagogique, l'acquisition d'un savoir individuel et collectif et la quête de sens. Dans sa dimension affective, la communauté d'apprentissage encourage l'enseignant(e) au partage de savoirs et au soutien entre collègues. Enfin, dans sa dimension idéologique, la communauté d'apprentissage sert à l'émancipation des enseignants, par l'utilisation des recherches, en reconnaissant leur rôle dans la production de ces recherches, et elle vise ultimement à créer une cohésion et une vision commune dans l'école » (Dionne, Lemyre & Savoie-Zajc, 2010, p. 36).

La dimension cognitive sera retrouvée lorsque le dispositif permettra d'acquérir de nouvelles connaissances ou de nouvelles pratiques. La dimension affective sera rencontrée lorsque les participants diront recevoir l'aide nécessaire afin de mener leur travail à son terme. Ils diront s'être sentis soutenus pour persévérer dans leur tâche de perfectionnement. Ils exprimeront leur sentiment d'avoir été moins seuls, d'avoir trouvé de l'énergie ou de la motivation dans le cadre des échanges au sein du groupe (Dionne & Couture, 2010). La dimension idéologique sera rencontrée lorsque chaque membre de la communauté aura la possibilité d'exprimer, de faire valoir ses valeurs pédagogiques et ses compétences et d'affirmer son leadership : transformer le milieu dans lequel ils évoluent ; agir sur l'adhésion de leurs collègues ; gagner en autonomie et en liberté de choix ; faire évoluer ses représentations du système scolaire, des collègues, de l'institution... (Dionne & Couture, 2010).

De tels dispositifs de communauté d'apprentissage ont été investigués et leurs effets potentiels en termes de développement professionnel démontrés (Dionne et *al.*, 2010). Au vu de la difficulté de mettre en place, de manière durable, des pratiques enseignantes innovantes (Hall, 2010, cité par Savard & Corbin, 2012) et partant du fait que cette mise en place « serait favorisée par de multiples possibilités de développer et d'ajuster collectivement les pratiques » (Savard & Corbin, 2012, p. 358), pourquoi ne pas initier ce travail dès la formation initiale, en vue d'accroître le développement professionnel des futurs enseignants ? En ce sens, nous nous positionnons dans une perspective professionnalisante du développement professionnel

des enseignants (Uwamariya & Mukamurera, 2005) et reconnaissons, à ce titre, l'importance de la formation initiale (Beckers, 2007).

Le développement professionnel est ici considéré « comme un processus d'acquisition de savoirs qui provoque, par la suite, des changements chez l'enseignant, ainsi que des nouveautés sur le plan de sa pratique » (Uwamariya & Mukamurera, 2005, p. 142).

Organisation de la communauté d'apprentissage

Le dispositif de communauté d'apprentissage proposé aux futurs enseignants (du préscolaire et du secondaire supérieur) alterne des moments en présentiel et des moments dans les classes de stage des futurs enseignants du préscolaire. Ces moments sont présentés ci-dessous de manière chronologique.

La première séance est consacrée à un travail en sciences pour laquelle il persiste de réelles difficultés de compréhension et d'opérationnalisation dans les pratiques de classe. Concrètement, à partir d'une représentation schématique de cette démarche d'investigation (Daro, Hindryckx & Poffé, 2013), des duos constitués d'un futur enseignant du préscolaire et d'un futur enseignant du secondaire supérieur, sont amenés à vivre des activités conçues par les formateurs pour leur niveau de connaissance et qui relèvent de chacune des étapes de la démarche. Un moment d'analyse des activités vécues est ensuite proposé afin que le travail ne se borne pas à un simple échange de pratiques (Couture, Dionne, Savoie-Zajc, Arousseau & Lorain, 2013).

Vient ensuite un premier moment à vivre en contexte de stage. Il s'agit d'un moment où chaque duo de futurs enseignants (un du préscolaire et un du secondaire supérieur) est amené à observer, pendant une demi-journée, la classe du préscolaire qui sera le lieu de leur intervention commune.

Durant la deuxième séance, chaque duo de futurs enseignants co-construit, sur les principes de la démarche d'investigation, une séquence d'éveil scientifique à destination d'élèves du préscolaire, en tenant compte des éléments dont ils ont pu prendre connaissance durant la phase d'observation. Chaque duo produit donc une séquence différente, tenant compte des contraintes liées aux réalités du contexte de stage propres à chacun (exigences du superviseur de stage, contraintes de l'institution formatrice, âges des enfants, temps disponible, météo...). En contexte de stage, cette séquence co-construite est animée conjointement par les membres du duo. L'enseignante titulaire de la classe de maternelle qui accueille les stagiaires est consulté par rapport à l'adéquation de la séquence prévue puis elle assiste à cette dernière.

La troisième séance en présentiel, qui se déroule après la période de stage, est l'occasion de revenir sur la séquence telle qu'elle a été vécue en classe de préscolaire. Un moment est également prévu pour permettre à chaque futur enseignant de reconsidérer l'ensemble du dispositif de communauté d'apprentissage et de pointer les retombées de celui-ci en termes de pratique et de développement professionnel.

Tout au long du dispositif de communauté d'apprentissage, tous les futurs enseignants doivent tenir un « journal de bord » constitué d'écrits factuels (dates de rencontres, de messages ou de conversation ; type de travaux entrepris ; décisions prises...) et « un journal intime », reprenant des écrits plus personnels (ressentis, impressions, réactions plus émotives...).

Question et méthodologie de recherche

À des fins d'exploration en lien avec le développement professionnel de futurs enseignants, nous avons souhaité investiguer la question suivante : quelles sont les retombées identifiées par les futurs enseignants de leur participation à un dispositif de communauté d'apprentissage en éveil scientifique dans le cadre de leur formation initiale ?

Le corpus des données est constitué de témoignages écrits, récoltés par le biais d'un questionnaire en ligne, soumis à tous les futurs enseignants des deux publics à la fin du processus de collaboration durant l'année académique 2017-2018. Ainsi, ce sont les témoignages de 25 futurs enseignants du préscolaire et de 26 futurs enseignants du secondaire supérieur qui ont été collectés et analysés. Le questionnaire en ligne compte dix items portant sur : l'analyse de la pratique scientifique en classe de préscolaire ; les retombées sur la pratique de la participation au dispositif de communauté d'apprentissage et l'organisation logistique de celui-ci. Il s'agit donc, pour chaque futur enseignant, d'analyser *a posteriori* son vécu, nourri par des écrits collectés dans son « journal de bord » et son « journal intime » et d'en faire part en répondant au questionnaire en ligne.

Dans le cadre de cette contribution, les réponses aux questions suivantes seront analysées par les chercheurs :

- Qu'est-ce que le dispositif de formation en collaboration m'a apporté pour ma pratique de classe ?
- Quel est, à mon avis, un côté agréable de la formation ?
- Quel est, à mon avis, un côté désagréable de la formation ?

Les réponses apportées par les futurs enseignants ont été triées indépendamment par deux chercheurs, en essayant d'identifier de quelle dimension de la communauté d'apprentissage

elles relevaient (cognitive, affective ou idéologique). Le choix a été fait de ne pas découper chaque réponse en plusieurs éléments de sens. Chaque réponse a donc été associée à une seule dimension, la plus prégnante. Après leur travail individuel de tri, un échange entre les deux chercheurs a permis d'aboutir à un accord inter-juge pour l'ensemble des réponses analysées, en regard des trois dimensions de la communauté d'apprentissage.

Résultats

Le tableau n°1 fournit, pour chaque public de futurs enseignants, un exemple de réponse qui, après analyse par les chercheurs, a été classé dans l'une des trois dimensions de la communauté d'apprentissage. Pour chacune des dimensions, les chercheurs ont identifié les réponses faisant état d'un ressenti positif (+) des réponses faisant état d'un ressenti négatif (-)

	Futurs enseignants du préscolaire	Futurs enseignants du secondaire supérieur
Cognitif + : Dimension cognitive rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Je ferai plus attention à bien prévoir le vocabulaire que les enfants vont apprendre et à bien utiliser les bons termes lors des séances. C'est souvent celui de l'Université qui me disait les termes à employer.	Grâce à ce dispositif, je pourrai envisager la pratique des sciences d'un point de vue différent : chercher à faire apprendre les élèves par eux-mêmes en manipulant plutôt que leur donner directement les informations.
Cognitif - : Dimension cognitive évoquée mais non rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Cela ne m'a rien apporté, je n'ai pas plus de savoirs, je n'ai pas mieux ciblé mes savoirs. J'ai donné mes activités de sciences comme je le faisais avant	Je ne vois pas en quoi cette activité peut m'aider pour la pratique des sciences dans le secondaire car les niveaux sont trop éloignés à mon goût.
Affectif + : Dimension affective rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Plus de confiance car l'élève « de l'unif » était plus à l'aise avec le sujet.	Je retire de tout ça une envie : Faire vivre, autant que possible, les choses/la sciences par les élèves. Chaque cours devrait être l'occasion de se plonger dans un univers intrigant mais passionnant à la manière de ces élèves de maternelles qui vivent chaque activité comme expérience à part entière.

Affectif – : Dimension affective évoquée mais non rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Les rapports avec le binôme se sont très mal déroulés. Elle en est venue à se disputer avec nous sans aucune raison. Elle restait sur ses idées. N'écoutait pas les nôtres. Elle était fort agressive. Et n'écoutait pas les conseils des professeurs.	C'est vraiment dommage, mais il n'y a jamais eu de collaboration avec mon binôme désigné.
Idéologique + : Dimension idéologique rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Combinaison de son savoir théorique et de mon savoir pratique	En préscolaire, l'apprentissage se fait naturellement en atelier pratique avec tous ses avantages (stimulation des sens, méthodes variées...). Ne faudrait-il pas utiliser les mêmes méthodes plus tard, plutôt qu'un enseignement unilatéral et frontal inadapté à beaucoup d'élèves ? À voir...
Idéologique – : Dimension idéologique évoquée mais non rencontrée lors du dispositif de communauté d'apprentissage	Je trouve que la masse de travail est difficile à répartir car les étudiants de l'université s'y connaissent peu et ne savent pas faire les préparations. Mis à part trouver l'activité ensemble, c'est moi qui ai fait la préparation et la plupart du matériel.	J'ai regretté d'avoir eu affaire à une maître de stage bornée qui n'a même pas essayé de comprendre ce que nous essayions de mettre en place avec la collaboration.
Hors catégorie	Pas facile de s'organiser par mail.	Problèmes logistiques au niveau de la mise en place dans les échanges.

Tableau n°1 : Exemples de réponses classées dans chaque dimension de la communauté d'apprentissage pour chaque public

Le tableau n°2 présente les données obtenues en effectifs, par question, pour les trois dimensions de la communauté d'apprentissage et par public de futurs enseignants.

		Qu'est-ce que le dispositif de formation en collaboration m'a apporté pour ma pratique de classe ?	Quel est, à mon avis, un côté agréable de la formation ?	Quel est, à mon avis, un côté désagréable de la formation ?
Cognitif +	Préscolaire	11/25	5/25	0/25
	Secondaire supérieur	13/26	4/26	0/26
Cognitif -	Préscolaire	3/25	0/25	1/25
	Secondaire supérieur	2/26	0/26	0/26
Affectif +	Préscolaire	2/25	10/25	1/25
	Secondaire supérieur	1/26	15/26	1/26
Affectif -	Préscolaire	6/25	1/25	7/25
	Secondaire supérieur	0/26	2/26	4/26
Idéologique +	Préscolaire	0/25	3/25	0/25
	Secondaire supérieur	8/26	5/26	0/26
Idéologique -	Préscolaire	0/25	0/25	1/25
	Secondaire supérieur	0/26	0/26	5/26
Hors catégorie	Préscolaire	3/25	6/25	15/25
	Secondaire supérieur	2/26	0/26	16/26

Tableau n°2 : Effectifs des réponses attribuées à chaque dimension de la communauté d'apprentissage chez les futurs enseignants, lors du dispositif de formation en communauté d'apprentissage, par question et par public

Il ressort des différentes réponses analysées que le partage d'expertise est vécu comme hautement enrichissant par les différents intervenants. Chaque profil de participants est reconnu par les autres comme étant le détenteur d'une expertise propre et le dispositif de communauté d'apprentissage semble permettre à chacun de profiter de l'expertise de tous.

Les futurs enseignants du préscolaire sont reconnus comme étant les détenteurs de l'expertise par rapport à la séquence à construire quant au public cible : connaissances à propos de ce

qu'il est possible de mettre en place en fonction de l'âge des enfants ; connaissances des moyens pédagogiques les plus pertinents en préscolaire...

Les futurs enseignants du secondaire supérieur sont reconnus pour leur maîtrise du contenu scientifique qui servira de base à la séquence qui sera co-construite. Ces futurs enseignants sont également reconnus pour leur maîtrise d'une certaine rigueur expérimentale, incluant notamment les aspects de contrôle des variables, de détermination de conditions expérimentales et la présence de groupes contrôles (témoins)...

Dimension cognitive

L'analyse des réponses fournies par les futurs enseignants permet de mettre en évidence des éléments relevant de la dimension cognitive de la communauté d'apprentissage : l'acquisition de connaissances, de nouvelles pratiques ou l'approfondissement de pratiques préexistantes ; la possibilité de bénéficier de l'expertise d'une autre personne et enfin, le fait de pouvoir participer à un partage de pratiques ou de concepts scientifiques. Les futurs enseignants du préscolaire identifient un gain cognitif à l'issue de la communauté d'apprentissage qui s'opère par l'acquisition de contenus scientifiques, mais aussi par une prise de recul face à ces derniers, ce qui aurait permis à certains une analyse plus critique des documents qu'ils utilisent habituellement. Cet échange leur aurait également permis de « décomplexifier » les sciences.

De nombreuses réponses de futurs enseignants des deux publics vont dans le sens d'une prise en compte des éléments de la démarche d'investigation telle qu'elle leur a été présentée à l'entame du dispositif de communauté d'apprentissage : une mise en recherche de l'enfant, des interventions moins dirigistes de la part de l'enseignant, mais également une collecte des traces à toutes les étapes du travail et une diversification des activités mises en place. Certains futurs enseignants admettent ne jamais avoir pensé leurs séquences d'apprentissage scientifique en vue de l'acquisition de démarches par leurs élèves, avant le début de cette collaboration. Cette dernière leur aurait permis de percevoir la démarche d'investigation de manière plus globale et de la rendre plus opérationnelle.

Le fait de rencontrer des experts est aussi perçu comme un élément très positif de la collaboration. Cette expertise est tantôt attribuée aux chercheurs-formateurs, tantôt aux futurs enseignants du secondaire supérieur, majoritairement perçus comme des spécialistes de la matière.

Au niveau des savoirs disciplinaires, les futurs enseignants du secondaire supérieur n'identifient pas d'effet bénéfique pour eux, du moins en ce qui concerne leur acquisition.

Cependant, d'après les réponses recueillies, une réflexion sur les différents niveaux de complexité que peuvent revêtir les concepts scientifiques, notamment en lien avec leur niveau de formulation, s'amorce chez ces futurs enseignants du secondaire supérieur. C'est au niveau de leurs pratiques que ces futurs enseignants identifient le plus grand bénéfice. À l'entame du dispositif de communauté d'apprentissage, ils n'imaginaient même pas que l'on puisse « faire des sciences » en classe de préscolaire. Les réponses des futurs enseignants démontrent ensuite une volonté d'intégrer certaines activités et méthodologies dans leur pratique en classe au secondaire supérieur. Certains proposent même d'appliquer des techniques typiques de gestion de la classe au préscolaire : les ateliers.

Les éléments de réponse que nous avons identifiés comme relevant de la dimension cognitive soulignent donc une meilleure intégration à la pratique de classe de la démarche d'investigation telle que prescrite par le législateur. Il semble donc que le dispositif de communauté d'apprentissage favorise la construction du sens que doit prendre la démarche scientifique pour être effectivement intégrée dans la pratique des enseignants.

Dimension affective

Les futurs enseignants du préscolaire et du secondaire supérieur mettent en avant un effet bénéfique du dispositif de collaboration sur leur motivation. De plus, de nombreux éléments de réponse analysés laissent apparaître que les futurs enseignants du préscolaire se sont sentis moins seuls et soutenus dans leur travail. L'importance de la dimension humaine du dispositif de communauté d'apprentissage ressort clairement des différents témoignages des deux types de futurs enseignants. Le contact avec les enfants de préscolaire, lors des moments d'observation et de co-animation, est également perçu comme étonnant et particulièrement stimulant pour les futurs enseignants du secondaire supérieur.

Dimension idéologique

De nombreux futurs enseignants ont évoqué la possibilité de mettre en valeur leurs propres compétences par rapport à l'autre membre de leur groupe, laissant croire que le dispositif de collaboration a permis de développer la dimension idéologique de la communauté d'apprentissage (Dionne, Lemyre & Savoie-Zajc, 2010, p. 36).

Chez certains futurs enseignants du secondaire supérieur, cette dimension a été rencontrée de deux façons : l'évolution déclarée de leurs représentations à propos de l'enseignement en préscolaire désormais perçu comme le lieu de réels apprentissages, sur le plan des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être et l'aide parfois ressentie, au niveau personnel, pour quitter la

réalité de la formation universitaire afin de se plonger dans un monde plus proche de ce qui sera sans doute leur réalité quotidienne d'enseignants.

Les obstacles à l'efficacité du dispositif de communauté d'apprentissage

Trois catégories de difficultés sont décrites par les futurs enseignants. La première reprend les difficultés d'ordre organisationnel : trouver des créneaux-horaires pour le travail en commun et fixer des rendez-vous entre institutions. La deuxième catégorie rassemble des témoignages de futurs enseignants qui ont identifié une dissymétrie dans les apports du dispositif de communauté d'apprentissage selon leur profil d'enseignant (du préscolaire ou du secondaire supérieur). Enfin, la dernière catégorie met en lumière la difficulté (organisationnelle ou relationnelle) que certains ont éprouvée à mettre en place, en situation réelle de classe, les activités imaginées lors de ce dispositif de communauté d'apprentissage. En effet, l'idée n'est pas d'envoyer un scientifique dans une classe de maternelle pour y réaliser une activité, mais bien d'amener les deux types de futurs enseignants à construire, en collaboration réelle, une séquence d'éveil scientifique à tester ensemble en situation de classe. Certains groupes ne sont pas parvenus à fonctionner de cette façon et le futur enseignant de maternelle a davantage adressé une commande d'une intervention d'un scientifique en classe, plutôt qu'une recherche conjointe d'une activité d'éveil scientifique adaptée au public visé. Ainsi, on a vu un futur enseignant vétérinaire de formation venir présenter son métier aux enfants ...

Discussion et conclusion

Les premiers résultats présentés ici sont encourageants. Des éléments relevant des trois dimensions de la communauté d'apprentissage (cognitive, affective et idéologique ; Dionne et *al.*, 2010) sont évoqués par les futurs enseignants. En particulier, les éléments relevant de la dimension cognitive semblent montrer que les futurs enseignants identifient un gain dans leurs pratiques pédagogiques, en lien avec les éléments d'une démarche d'investigation. L'objectif principal du dispositif de communauté d'apprentissage semble donc rencontré.

Dans certains cas, les dimensions sont évoquées sous forme de regrets ou de constats négatifs : les futurs enseignants regrettent de ne pas avoir reçu le soutien attendu, de ne pas avoir pu s'exprimer comme ils le souhaitaient... Ces éléments, de prime abord négatifs, révèlent cependant une certaine prise de conscience, par ceux qui les expriment, des potentialités de ce dispositif de communauté d'apprentissage.

Les éléments avancés par les futurs enseignants tendent donc à montrer chez ceux-ci l'amorce d'un développement professionnel (Uwamariya & Mukamurera, 2005). Cependant, l'analyse des résultats présentée ici se cantonne à un niveau collectif, pour les deux groupes de futurs enseignants : ceux du préscolaire et ceux du secondaire supérieur. Afin de questionner les potentialités du dispositif de communauté d'apprentissage en termes de développement professionnel, il serait pertinent d'affiner les analyses pour atteindre un niveau individuel en analysant les parcours de chacun des futurs enseignants.

Bien qu'encourageants, il faut garder à l'esprit que les résultats exposés ici se centrent sur des pratiques déclarées et non sur des pratiques effectives. De plus, le cadre certificatif de la formation initiale génère un risque de biais dans les réponses des futurs enseignants, même si ce dispositif de collaboration ne fait pas l'objet d'une évaluation sommative. Nous disposons, à ce stade de la recherche, d'autres éléments qui vont nous permettre une éventuelle objectivation de ces pratiques déclarées comme par exemple, des comptes rendus d'observations menées par les chercheurs lors des séquences co-animées ou des fiches de préparation de leçons d'éveil scientifique, avant, pendant, ou après le dispositif de communauté d'apprentissage.

Enfin, les réponses fournies par les futurs enseignants sont généralement rédigées de façon relativement sommaire. Afin de les préciser, une deuxième phase de recherche incluant des entretiens semi-structurés a été menée. Les résultats de ces entretiens sont en cours d'analyse. Mentionnons ici que la démarche réciproque qui consiste à ce qu'un futur enseignant du préscolaire co-construise avec un futur enseignant du secondaire supérieur une séquence de sciences à mettre en place en secondaire supérieur est en cours de test. Elle ne manquera certainement pas de nous fournir des éléments complémentaires à cette recherche.

En conclusion, le texte présente les résultats des premières analyses d'un dispositif de communauté d'apprentissage entre futurs enseignants se destinant à des publics très différents (préscolaire, élèves de 2,5 à 6 ans, et secondaire supérieur, élèves de 15 à 18 ans), ayant pour objet la co-construction d'une séquence d'éveil scientifique à tester dans une classe de préscolaire. Rappelons qu'à l'heure actuelle, seule une partie des données, issues de réponses fournies par des futurs enseignants à un questionnaire en ligne ont été traitées. La suite de l'analyse, notamment sur la base des fiches de préparation des leçons des futurs enseignants et d'entretiens semi-structurés, est en cours. Bien que les analyses n'en soient encore qu'au début, le dispositif de communauté d'apprentissage mis en place laisse entrevoir de réelles opportunités en termes de développement professionnel des futurs enseignants.

Bibliographie

- Beckers, J. (2007). *Compétences et identité professionnelles : l'enseignement et autres métiers de l'interaction humaine*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Belleflamme, A., Graillon S., & Romainville, M. (2008). *La désaffection des jeunes pour les filières scientifiques et technologiques : Diagnostic et remèdes* (ressource en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <https://researchportal.unamur.be/fr/publications/la-d%C3%A9saffection-des-jeunes-pour-les-fili%C3%A8res-scientifiques-et-tec>
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. *Spirale-Revue de Recherches en Éducation*, 43, 139-148.
- Cariou, J-Y. (2010). Tentatives de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation. *Actes des journées scientifiques DIES* (ressource en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/05-communications-recherches/05-2-cariou.pdf>
- Cariou, J-Y. (2011). Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 83-106.
- Conseil Wallon de la Politique Scientifique (2013). *Attractivité des études et métiers scientifiques et techniques* (ressource en ligne), accédé le 21/03/2019, url : http://www.cesw.be/uploads/Actualites/CPS_Rapport_janvier2014.pdf
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78.
- Couture, C., Dionne, L., Savoie-Zajc, L., Arousseau, E., & Lorain N. (2013). Quels sont les objets de discussion de communautés d'apprentissage en sciences et technologie ? *Education et formation*, e298-02 (en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <http://revueeducationformation.be/index.php?revue=15&page=3>
- Daro, S., Graftiau, M.-C., & Stouvenakers, N. (2015). *Essai de caractérisation de l'expertise des enseignants en éveil scientifique dans l'enseignement fondamental*. Nice : Ovidia.
- Daro, S., Hindryckx, M.-N., & Poffé, C. (2013). Développer des compétences didactiques en sciences. *Education & formation*, e-298-02 (en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <http://revueeducationformation.be/index.php?revue=15&page=3>
- Demeuse, M., & Monseur, C. (2000). Temps consacré à l'enseignement des sciences et des mathématiques au primaire et en début de scolarité secondaire en Communauté française de Belgique. *Les Cahiers du Service de Pédagogie expérimentale*, 3-4, 171-176.
- Dionne, L. & Couture, C. (2010). Focus sur le développement professionnel en sciences d'enseignants à l'élémentaire. *Éducation et Formation*, e-293 (en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <http://ute3.umh.ac.be/revues/include/download.php?idRevue=9&idRes=69>
- Dionne, L., & Couture, C. (2013). Avantages et défis d'une communauté d'apprentissage pour dynamiser l'enseignement des sciences et de la technologie à l'élémentaire. *Education et francophonie*, 41, 212-231.
- Dionne, L., Lemyre, F., & Savoie-Zajc, L. (2010). La communauté d'apprentissage comme dispositif de développement professionnel des enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, 36 (1), 25-43.
- Gouvernement de la Communauté Française de Belgique (1999). *Les socles de compétences*.
- Hall, G.E. (2010). Technology's Achilles heel: Achieving high quality implementation. *Journal of Research on Technology Education*, 42 (3), 231-253.
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie*, Collège, Lycée. Clermont-Ferrand : SCEREN

- Saltiel, E. (2005). *Guide méthodologique. La démarche d'investigation, comment faire en classe* (ressource en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/11324/la-demarche-dinvestigation-comment-faire-en-classe>
- Savard, A., & Corbin, N. (2012). La communauté d'apprentissage professionnelle comme dispositif d'implantation de la démarche d'investigation en science et technologie au primaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 35(2), 355-378.
- Samson, G., Lepage, M., & Robert, S. (2013). Pratiques de formation et développement professionnel en sciences. *Éducation & formation*, e-298-02 (en ligne), accédé le 21/03/2019, url : <http://revueeducationformation.be/index.php?revue=15&page=3>
- Uwamariya, A., & Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155.
- Wilson, S., & Berne, J. (1999). Teacher Learning and the Acquisition of Professional Knowledge: an Examination of Research on contemporary professional development. *Review of Research in Education*, 24(1),173-209.

Les activités collaboratives dans la conception d'enseignement

Laisney, Patrice⁽¹⁾, Tortochot, Éric⁽¹⁾

⁽¹⁾UR 4671 ADEF, AMU – France

Contexte de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la formation des enseignants dans le domaine des STEM (Hacker et *al.*, 2010 ; Strimel & Grubbs, 2016) et plus particulièrement des étudiants fonctionnaires stagiaires du M2 MEEF¹ qui suivent leur formation au sein du parcours Sciences et Technologie de l'Industrie (STI) à l'ESPE² d'Aix-Marseille. Ce parcours regroupe trois options, Arts Appliqués (AA), Génies Industriels (GI) et Sciences Industrielles de l'Ingénieur (SII). Les étudiants fonctionnaires stagiaires ont réussi les différents concours de recrutement de l'Education nationale (CAPET ou CAPLP³) relevant de ces trois options.

Au cours de la deuxième année de leur Master en éducation, les étudiants fonctionnaires stagiaires (que nous nommerons « enseignants débutants ») de ce parcours doivent apprendre à concevoir des tâches pour développer leurs compétences (Bødker & Nylandsted Klokrose, 2012 ; Ginestié, 2008 ; Sambu & Simiyu, 2016). Dans cette perspective, les contenus de formation du Master prévoient des mises en situation dans le

¹ MEEF (Métiers de l'enseignement de l'éducation et de la formation). En France les lauréats aux concours de recrutement des enseignants sont en formation en alternance à mi-temps dans un établissement scolaire avec des classes en responsabilité et à mi-temps à l'ESPE pour suivre les enseignements du Master 2.

² À noter que les écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE) sont devenues Instituts nationaux supérieurs du professorat et de l'éducation (INSPE) en septembre 2019, sur décret du ministre de l'Education nationale.

³ CAPET : Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Technique. CAPLP : Concours d'Accès au corps des Professeurs de Lycée Professionnel.

cadre d'un enseignement commun aux trois options. Pour accomplir leurs tâches, ils doivent suivre les exigences curriculaires et s'entraîner avec leurs collègues et leurs formateurs (Long & Carlo, 2013 ; Svinicki & Schallert, 2016). Dans ce contexte de formation, il s'agit d'une situation de conception collaborative d'un dispositif d'enseignement, dans laquelle les enseignants débutants de disciplines différentes apprennent à coopérer à travers la conduite d'un projet sur le thème de l'habitat bioclimatique. Après l'étude des premiers résultats (E. Tortochot & Laisney, 2017), ce chapitre s'inscrit dans la continuité de ce processus, dans lequel les étudiants ont produit un contenu pédagogique que nous avons analysé.

Les activités de conception collaboratives

Quelle efficacité d'une approche par problème ?

À travers l'apprentissage par problème (APP) ou problem-based learning (PBL), les étudiants apprennent en réalisant les tâches de planification nécessaires à l'obtention d'un résultat qui se concrétise dans leurs actions (Lawanto & Stewardson, 2013). De nombreux travaux (Bell, 2010 ; David, 2008 ; Rios, Cazorla, Diaz-Puente, & Yague, 2010) montrent tout l'intérêt que peut avoir l'APP sur les apprentissages. Notamment, pour Helle, Tynjala, et Olkinuora (2006), l'APP fait appel à des savoirs relatifs à différentes disciplines qui peuvent aider à la conceptualisation et à la construction de modèles mentaux pour mieux appréhender la complexité des concepts. L'APP suppose de fait une approche interdisciplinaire (Proulx, 2004) et d'éventuels partenariats (Aasland, 2010) qui donnent du sens aux situations collaboratives d'apprentissage (Castera, Sarapuu, & Clement, 2013 ; Loperfido, Cucchiara, Sansone, Impedovo, & Ligorio, 2011).

Cependant, les travaux de Hattie (2008) proposent un autre point de vue sur ce sujet. L'étude résume près de 800 méta-analyses de plus de 50 000 études portant sur des dizaines de millions de personnes. En identifiant plus d'une centaine de facteurs qui font que l'apprentissage peut varier, Hattie compare l'efficacité des méthodes d'enseignement. En ce qui concerne l'APP, les résultats de l'étude affectent considérablement leur efficacité. Non seulement le recours à l'APP est nettement moins efficace que les pédagogies explicites, mais elle n'atteint pas le seuil de $d = 0,4$ (seuil à partir duquel l'effet sur l'apprentissage peut être considéré comme positif). À ce stade, il semble difficile d'ignorer ces méta-analyses, ce qui nous incite donc à la prudence. Pour aller plus loin, il est nécessaire de regarder plus en détail cette étude.

Des didacticiens francophones (Yelle, Ethier & Lefrançois, 2016) ont relu les résultats de l'étude de Hattie. Au-delà des critiques relatives à la rigueur méthodologique et aux approximations (Snook, Clark, Harker, O'Neill & O'Neill, 2010) qu'il a fallu faire pour pouvoir agréger des études mêlant des travaux à la fois qualitatifs et quantitatifs et des méthodes dites actives (APP, etc.) ne couvrant pas exactement les mêmes choses, leur analyse permet d'apporter certaines précisions.

Bien que l'APP ne puisse être considérée comme un idéal, Hattie préconise l'apprentissage explicite ou visible (demande d'orientation initiale). Dans le cadre de ses travaux en éducation technologique, Ginestié (2017, p. 203) insiste sur l'importance d'une bonne représentation initiale du problème à résoudre : « *They focus on the initial description of the problem as the most important part of the activity, allowing an expert to establish the orientation's base of his activity by organising the planning of actions in time.* »

L'APP semble être inefficace si l'objectif est de mémoriser de nouvelles connaissances. Mais Yelle, Ethier et Lefrançois (2016) estiment néanmoins que cette méthode est efficace dans certaines circonstances, notamment lorsque l'objectif est d'apprendre à faire, contextualiser, analyser, comparer, etc. Ce que nous pouvons appeler les « deep knowledge » : « *Knowledge that is concerned with underlying meanings and principles, integration of facts and feelings with previously acquired knowledge. For deep knowledge to be acquired, a series of learning activities needs to be set in place.* » (Weigel cité par Howard et al., 2005, p. 762)

En outre, pour Tricot et Sweller (2013), la connaissance cognitive générale du domaine a souvent été utilisée pour expliquer une compétence lorsque des connaissances spécifiques à un domaine, conservées dans la mémoire à long terme, peuvent fournir une meilleure explication. Les connaissances spécifiques à un domaine peuvent être déclaratives ou procédurales (Anderson et al., 2001). En d'autres termes, nous pensons que l'APP est une situation efficace pour mobiliser certaines connaissances spécifiques à un domaine déclaratif et pour construire une connaissance spécifique à un domaine procédural dans une perspective de développement des compétences.

De plus, dans tous les processus d'enseignement et d'apprentissage, les outils peuvent être considérés comme des intermédiaires entre les apprenants et les connaissances (Chatoney & Laisney, 2019). Dans une perspective instrumentale (Rabardel & Pastré, 2005), les apprenants (sujets) utilisent les outils de la manière décrite dans la genèse instrumentale. C'est un double mouvement entre l'artéfact et le sujet :

- instrumentalisation : un mouvement du sujet vers l'artefact. Le sujet adapte les outils à ses besoins : une « activité productive » ;
- instrumentation : mouvement de l'artefact vers le sujet. Les contraintes et le potentiel de l'artefact influencent et conditionnent l'action du sujet (ses représentations, ses gestes, ses procédures, etc.) : une « activité constructive ».

En raison de ces activités constructive et productive, le but de ce chapitre est de vérifier ce que l'APP peut apporter dans une situation de formation initiale des enseignants. Ce n'est pas une recherche sur l'efficacité des APP. Cette situation implique une activité multidisciplinaire et collaborative avec des enseignants en technologie, design, arts et métiers et ingénierie industrielle. Le type de partenariat mis en place par les équipes peut relever de la collaboration et/ou de la coopération. Dans tous les cas, coopération et collaboration reposent sur une structure particulière : le groupe. De nombreuses recherches sur le travail en groupe permettent de caractériser ces deux modalités en vue de développer l'apprentissage interactif.

Au sein de la collaboration, des individus qui ne se trouvaient pas auparavant dans des rôles attribués deviennent progressivement une entité indivisible et complète, un groupe, une équipe (Sambu & Simiyu, 2016). Dillenbourg (1999) présente la collaboration à travers les notions de situation et d'interaction. La situation est considérée comme interactive si les sujets communiquent de manière soutenue, se disputent, voire s'opposent, mais évitent d'imposer leurs points de vue.

La coopération repose sur des tâches divisées entre les parties prenantes et sur une mise en commun des efforts rassemblés de chaque participant (Steen, 2013). Dans ce cas, Hsung (2012) assimile la coopération à un travail en petits groupes, où les sujets partagent un objectif commun, optimisant ainsi l'apprentissage mutuel.

Cependant, il semble que le travail de groupe ne peut être effectué exclusivement dans l'un ou l'autre mode (Matthews, Cooper, Davidson & Hawkes, 1995). Il y a toujours des moments de collaboration et des moments de coopération. En fait, pour atteindre un but commun, il y a des moments où les sujets travaillent ensemble et simultanément sur une tâche collaborative et des moments où ils se partagent des tâches coopératives en additionnant les contributions individuelles. Nous considérons que l'apprentissage ciblé par le travail en groupe sera favorisé s'il y a des interactions entre les sujets. S'ils répartissent les tâches effectuées individuellement, il y aura moins d'interaction et donc moins de situations propices à des confrontations qui peuvent produire un apprentissage

entre pairs (Damon, 1984). Ainsi définies, nous considérons que les situations de collaboration seront plus à même de générer un apprentissage que les situations de coopération.

Théorie de l’activité et articulation entre tâche et activité

De nombreuses études ont recours à la théorie de l’activité (Engeström, 2005 ; Leontiev, 1972 ; Vygotski, 1962). En articulant la tâche et l’activité, ce cadre offre des perspectives intéressantes permettant de voir, de façon générale, ce qu’un enseignant veut que les élèves fassent, les tâches qu’il leur propose et ce qu’ils feront réellement, c’est à dire l’activité qu’ils vont déployer pour réaliser les tâches qui leurs sont assignées. Dans notre cas, il s’agit d’étudier l’articulation entre ce que les formateurs proposent à travers un dispositif de formation (les tâches d’apprentissage) à leurs étudiants enseignants débutants, et l’activité déployée par ces derniers.

Questions de recherche et hypothèses

Nous supposons que les étudiants devraient mobiliser les connaissances déjà acquises pour construire des projets technologiques, des supports ou des ressources de projets éducatifs. Pour mieux comprendre les processus d’enseignement et d’apprentissage en éducation technologique (Hérolde & Ginestié, 2009), nous envisageons de discuter certains problèmes liés à la mise en œuvre de l’APP. Les questions que nous posons sont les suivantes : Les enseignants débutants utilisent-ils l’APP comme connaissance ou comme processus ? Dans quel type de partenariat (collaboration ou coopération) ? Plus spécifiquement, les enseignants débutants sont-ils en mesure de transférer l’APP en tant que processus d’apprentissage pour construire des connaissances spécifiques à un domaine procédural dans une perspective de développement des compétences ?

L’objectif de formation n’est pas de construire des connaissances déclaratives (disciplinaires) mais de mobiliser ces connaissances pour développer des compétences. Les étudiants sont des enseignants débutants qui s’appuient sur des disciplines d’enseignement et des connaissances connexes (déclaratives). Ce qui est visé, ce sont les connaissances procédurales, les capacités, les comportements et la collaboration.

Deux hypothèses testées sont développées à travers les outils et représentations mobilisés par les étudiants en situation de formation.

Première hypothèse : ils s’emparent des outils du projet pluri-technologique (outil professionnel, disciplinaire) et les réinvestissent dans une approche transversale avec tous

leurs élèves, afin de leur transmettre des connaissances et de développer des compétences liées à la résolution de problèmes.

Seconde hypothèse : après avoir accepté de décroisonner, ils reviennent à une approche disciplinaire, confondant multidisciplinarité et transversalité des connaissances et des compétences qui mobilisent à nouveau ces connaissances.

Méthodologie de l'étude

Notre cadre méthodologique repose sur une analyse qualitative psycho-sémiologique de l'activité déployée par les sujets au cours de la réalisation des tâches qui leur ont été proposées en formation. L'analyse psycho-sémiologique est une analyse cognitive de l'activité de conception, telle que l'envisage Lebahar (2007) dans ses travaux, puis Tortochot, Moineau et Farsy (2020), qui distingue deux dynamiques – un double processus projectif – toutes deux impliquées dans la connaissance déclarative ou procédurale.

La première dynamique est basée sur différents niveaux de représentation : mental, dessiné, verbal, répliqué, élaboré, opérationnel, etc. Toutes les données matérielles recueillies constituent une part importante de cette recherche. Dessins, textes, schémas, semblent être des images opératives (Geron, 1981).

La deuxième dynamique du processus est basée sur les systèmes de traitement des significations et de l'information. Cette approche met en évidence l'influence de la coopération ou de la collaboration que toutes les matières impliquées entretiennent, au sein de l'activité cognitive, dans un environnement opérationnel et culturel (organisations sociales et humaines, techniques formées, imagination, valeurs subjectives, etc.) : ce qu'un enseignant veut que les élèves fassent, les tâches qu'il leur propose, les activités réellement effectuées et celles qu'ils réalisent. Une telle méthode comprend l'analyse des représentations verbales et matérielles (images cognitives et opératives), des actions des sujets, mais aussi l'analyse de la situation socio-technique dans laquelle leur activité est appliquée. Les vidéos, les interviews et la rédaction constituent l'autre partie des données matérielles collectées.

Le dispositif de formation

Dans cette partie, nous présentons le dispositif de formation et les données recueillies. Pour tester nos hypothèses, cette étude est basée sur des analyses d'activité de deux classes d'enseignants débutants et sur un projet de recherche-action. Les groupes ont été observés

en 2014-2015 et 2015-2016. Tous les étudiants ont été mélangés dans des équipes multidisciplinaires.

Le tableau 1 illustre les différentes étapes du projet. Au cours du premier semestre, chaque équipe a dû concevoir un projet pluri-technologique pour établir des contraintes. Il est demandé aux équipes de concevoir un habitat bioclimatique. Le deuxième semestre a été consacré à la transformation du projet précédent en une adaptation fictive dans laquelle l’accent est mis sur le contenu pédagogique multidisciplinaire. Chaque étape a conduit à une présentation et à la communication des résultats du travail terminé.

		Course unity: 3h	
2014-2015 – Semester 1: 30h	(1) 14.09.23	Introduction Project presentation (slideshow) Teams' making up	(1) 15.10.09
	(2) 14.10.14	Each team: discussions and negotiations Skills' table	(2) 15.10.09
	(3) 14.11.26	Missing skills' table (requested expertise)	(3) 15.11.13
	(4) 14.12.03	Project requirements (1st step: mind maps, plans, sketches, etc.)	(4) 15.11.13
	(5) 14.12.10	Project requirements (2 nd step)	(5) 15.12.04
	(6) 14.12.12	Project requirements (3 rd step)	(6) 15.12.04
	(7) 14.12.12	Project requirements (4 th step)	(7) 15.12.11
	(8) 14.12.17	Syntheses and preparation of communications	(8) 15.12.11
	(9) 14.12.19	Syntheses and preparation of communications	(9) 15.12.16
	(10) 14.12.19	Syntheses and presentations of the teams' projects Assessment	(10) 15.12.18
		2015-2016 – Semester 1: 30h	Interviews
2014-2015 – Semester 2: 24h	(1) 15.01.23	Introduction Presentation of the 2 nd part's project (slideshow)	(1) 16.01.22
	(2) 15.01.23	Problem solving, representations and digital model	(2) 16.01.22
	(3) 15.01.27	Problem solving, representations and digital model	(3) 16.01.29
	(4) 15.01.28	Pedagogical project (designing, planning, drafting, etc.)	(4) 16.01.29
	(5) 15.01.30	Pedagogical project (designing, planning, drafting, etc.)	(5) 16.02.05
	(6) 15.01.30	Pedagogical project (designing, planning, drafting, etc.)	(6) 16.02.05
	(7) 15.02.03	Syntheses and preparation of communications	(7) 16.02.26
	(8) 15.02.04	Syntheses and presentations of the teams' projects Assessment	(8) 16.02.26
		2015-2016 – Semester 2: 24h	

Tableau n°1 : Les étapes du projet

Au cours de l'année 2014-2015, les équipes ont été mises en place par les formateurs en imposant la multidisciplinarité (disciplines mixtes pour éviter un groupe monodisciplinaire). Au cours de l'année 2015-2016, les équipes ont été mises en place par les étudiants eux-mêmes après une présentation orale individuelle, et alors que les étudiants ont discuté de leur spécialité d'enseignement, ils ont organisé collectivement la distribution des équipes sur un tableau blanc.

Les enseignants débutants ont documenté leurs activités (questionnaires, entretiens, propositions d'artefacts, diaporamas, présentations orales, etc.) qui illustrent les différents états de représentation de l'avancement du projet (Purcell & Gero, 1998). Plusieurs chercheurs dont le Buck Institute for Education (2012) préconisent la réalisation de comptes rendus individuel et par équipe de la progression du travail. Ces comptes rendus peuvent prendre différentes formes : journal de bord, portfolio, etc. Autant de traces de leur activité que nous analysons. Toutes les traces collectées ne peuvent pas être exposées ici (16 équipes, 18 étapes et plusieurs versions de suivi que les équipes ont laissées sur l'environnement numérique de l'université qui ont été téléchargées). Certains échantillons de l'année 2015-2016 sont présentés pour exemple dans le tableau 2.

	Stud.	Specialties	Topics	Representations' tools	Final slideshows (sample)	
2015-2016	T1b	S1-1b S1-2b S1-3b S1-4b	Mechanical engineering Boiler work Interior design Metal work	'Hab-borie' (French play on words with 'Hab' instead of habitat and 'Borie', a local farmhouse made with dry stones)	Internet Pictures Schemes Maps Diagram Mind maps 'Exploring all-around'	
	T2b	S2-1b S2-2b S2-3b	Graphic design Stonework Automotive mainten.	ECOLOGIS – Bio Habitat Optimum Wooden House for Tourism (BHOWHT) [in English]	'Google image' 'SketchUp' among several 3D CAD on line Handmade sketches Schemes 2D maps	
	T3b	S3-1b S3-2b S3-3b S3-4b	Product design Energy engineering Lorrydriver Stonework	Design study of a bioclimatic rotating house with atypical shape	'SketchUp' 'Illustrator' Excel Handmade sketches Maps Pictures	
	T4b	S4-1b S4-2b S4-3b S4-4b	Graphic design 3 Energy engineering	Beyond the hills	'Board of trend' 'InDesign' Handmade sketches Mind maps 3D sketches and illustrations Schemes Pictures	
	T5b	S5-1b S5-2b S5-3b S5-4b	Product design Civil engineering Mechanical engineering Automotive maintenance	Development of a bioclimatic housing environment on the foundations of the Phocæan city	Drawings Schemes Mind map 'Systemic drawings': GANTT & PERT charts InDesign Illustrator	
	T6b	S6-1b S6-2b S6-3b S6-4b	Graphic design Energy engineering Stonework Automotive body	Corsican individual bioclimatic housing	Drawings (Illustrator) Pictures Schemes Mind maps	
	T7b	S7-1b S7-2b S7-3b S7-4b	Graphic design Mechanical engineering Electrical engineering Automotive maintenance	'Biohousing' panorama	'Documents on paper' 2012 Thermal regulations InDesign PDF vs. PowerPoint Schemes with Word or Illustrator Handmade sketches'	
	T8b	S8-1b S8-2b S8-3b S8-4b S8-5b	Civil engineering 2 Electronic engineering Lorrydriver Transport & logistics	Bioclimatic mobile home	Handmade sketches Schemes Mind map	

Tableau n°2 : Projets des équipes 2015-2016, outils de représentations

En plus des informations ci-dessus, des entretiens sont conduits pour comprendre les différences entre les équipes de projet et ce qu'elles pensaient des incohérences entre les exigences et les activités réelles.

Traitement et analyse des données

Les traces de l'activité ainsi relevées sont analysées, nous l'avons vu, dans une perspective qualitative psycho-sémiologique. Par exemple, concernant la première dynamique de cette approche, basée sur les représentations externes réalisées par les étudiants, nous avons identifié les outils de représentation mobilisés (schémas, diagrammes, modèles 3D, etc.) par les équipes aux différentes étapes du projet. Nous avons pu comparer les outils

mobilisés au cours du projet, et ceux qui seront effectivement retenus dans les contenus pédagogiques.

Concernant la deuxième dynamique de notre approche, basée sur les systèmes de traitement des significations et de l’information, nous avons identifié, d’une part, les modalités d’organisation du travail des équipes en constatant la part de collaboration, de coopération ou des deux, et d’autre part, les stratégies d’enseignements auxquels ils ont eu recours dans leur projet pédagogiques (PBL, Workshop, Investigation, etc.). Au travers des présentations orales et des entretiens que nous avons menés avec les équipes, nous avons relevé toutes les références faites dans leurs discours à de telles modalités.

Dans les deux cas, nous avons procédé à des analyses menées individuellement par chaque chercheur (2) à partir d’une grille d’analyse avec des critères et des indicateurs que nous ne pouvons pas détailler ici, puis nous avons confronté nos résultats.

Résultats

Dans cette partie, nous présentons les principaux résultats de nos analyses (Tableau 3). D’une part, nous comparons les outils mobilisés par les équipes dans l’élaboration de leur projet pluri-technologique (semestre 1) avec les outils mobilisés dans leur projet pédagogique (semestre 2). Cette comparaison nous permet de répondre à notre première hypothèse, pour voir comment les équipes se sont emparées de ces outils, en les retenant ou non dans une perspective pédagogique. Pour cela, nous listons pour chaque équipe les outils employés à travers les données matérielles relevées (dessins, textes, schémas). D’autre part, pour répondre à notre seconde hypothèse, nous regardons comment les équipes développent leur partenariat, quelles entrées disciplinaires sont retenues et quelles stratégies d’enseignement elles privilégient.

Première hypothèse

Les résultats font clairement apparaître que la plupart des équipes n’utilisent pas dans leurs projets pédagogiques tous les outils mobilisés dans leurs projets pluri-technologiques respectifs. D’une part, elles en utilisent quantitativement moins (à l’exception de l’équipe T8b) et d’autre part, elles ont recours à d’autres outils comme des organigrammes, des diagrammes, des tableaux, etc. Finalement, on constate que les enseignants débutants ne réinvestissent pas systématiquement l’ensemble des outils du projet dans leurs enseignements et qu’ils ont recours à d’autres outils qu’ils utilisent dans leurs usages individuels.

Seconde hypothèse

Premièrement, les résultats montrent que la moitié des équipes privilégient une entrée mono-disciplinaire (T2b, T3b, T5b, T8b) ; deux équipes (T4b et T5b), une entrée bi-disciplinaire et deux équipes (T1b et T7b), une entrée tri-disciplinaire. On note donc que, globalement, les enseignants débutants au sein des équipes ont tendance à se replier sur leur discipline d'origine dès qu'ils envisagent une application pédagogique de leur projet.

Deuxièmement, les modalités de coopération et de collaboration mises en œuvre sont très variées ; chaque équipe trouvant des partenariats différents que l'on peut attribuer aux personnalités (leader, suiveur, etc.) qui les constituent.

Troisièmement, les stratégies d'enseignement annoncées relèvent toutes plus ou moins de l'APP. Ce dernier résultat peut s'expliquer par le fait que les étudiants ont tous cherché à répondre à une consigne de départ explicite qui supposait la mise en œuvre de l'APP. De ce point de vue, on peut penser que les étudiants ont répondu aux attentes.

	Collaboration / cooperation	Teaching strategies	Planned tools (semester 1)	Used tools (semester 2)	
2015-2016	T1b	Collaboration based on their technological project	PBL (s aid) Workshop Other: goal-oriented approach	Internet Pictures Schemes Maps Diagram Mind maps 'Exploring all-around'	Maps (geographical and topographical) Diagrams 2D & 3D pictures Tables
	T2b	"Forced" cooperation	PBL (s aid) Other: Practical classes	'Google image' 'SketchUp' among several 3D CAD on line Handmade sketches Schemes 2D maps	2D pictures Organigrams Technical schemes
	T3b	Cooperation based on a disciplinary approach	PBL (s aid) Other: Practical classes	'SketchUp' 'Illustrator' Excel Handmade sketches Maps Pictures	2D & 3D pictures GANTT Pictograms
	T4b	Collaboration & cooperation (depends on the course leader)	PBL (s aid) Other: theoretical and practical classes	'Board of trend' 'InDesign' Handmade sketches Mind maps 3D sketches and illustrations Schemes Pictures	Drawings Plans 3D pictures Requiring texts
	T5b	From cooperation to collaboration	PBL (s aid) Other: theoretical and practical classes, methodology of investigation in applied arts	Drawings Schemes Mind map 'Systemic drawings': GANTT & PERT charts InDesign Illustrator	Requiring texts Drawings Models 2D & 3D pictures GANTT
	T6b	Cooperation	PBL (s aid) Other: theoretical and practical classes	Drawings (Illustrator) Pictures Schemes Mind maps	Animated GANTT Pictograms
	T7b	Collaboration	PBL (s aid) Workshop Other: goal-oriented approach and planned investigation	Documents on paper' 2012 Thermal regulations InDesign PDF vs PowerPoint Schemes with Word or Illustrator Handmade sketches'	2D & 3D pictures Planning Models Plans of classes
	T8b	From cooperation within Engineering sciences to collaboration	PBL (s aid) Engineering sciences investigation (Problem-based learning)	Handmade sketches Schemes Mind map	Planning Organigram 2D & 3D pictures Mind map Pictograms Estimate

Tableau n°3 : Comparaison entre les outils planifiés et utilisés (15-16)

De plus, les présentations orales faites par les étudiants font apparaître plusieurs aspects. On constate un comportement conflictuel pendant le temps où les enseignants débutants doivent composer des équipes, réaliser le projet et façonner le contenu pédagogique. Mais ils trouvent un moyen de travailler ensemble et d'organiser leurs activités. Ils ne voient pas l'objectif de la situation d'apprentissage, ils trouvent cela insensé et contestent l'exercice. Certains essaient de manipuler les tâches requises. En fait, ils ont besoin d'une orientation plus forte de la part des formateurs. Ils ont également besoin de lier les projets à leur domaine d'apprentissage et d'enseignement. D'une année à l'autre, les équipes étudiantes

ne réagissent pas de la même manière, bien que les exigences et la chronologie des séquences soient similaires (avec quelques améliorations et changements).

En 2014-2015, les enseignants débutants remettent en cause la constitution des équipes. Même si la plupart d'entre eux ont déjà expérimenté un travail collaboratif au cours de leurs études ou dans un ancien emploi, un stage ou un enseignement, ils se questionnent sur l'intérêt d'un tel projet et n'acceptent pas facilement de collaborer avec des enseignants d'autres disciplines que la leur.

En 2015-2016, les membres de l'équipe sont stressés par les exigences. Ils exigent une orientation plus forte de la part des formateurs, une préconisation que l'on retrouve chez Hattie pour l'apprentissage explicite ou visible. Ils regardent le travail des autres équipes, ils comparent les outils qu'ils ont choisis et ils vérifient les interprétations des spécifications. In fine, après un certain temps, « ils font leur propre chemin sans se poser trop de questions ».

Conclusion

Ce chapitre présente une première étape dans l'analyse d'une situation d'apprentissage par problème avec 16 équipes d'étudiants enseignants débutants dans les domaines de l'ingénierie, du design et de la technologie. À ce stade, les premiers résultats permettent une meilleure compréhension des activités collaboratives de conception et notamment du processus de recherche de solution à un problème de conception. Nous pouvons apporter des éléments de réponse à l'une de nos questions de recherche : les enseignants débutants sont-ils en mesure de transférer l'APP en tant que processus d'apprentissage pour construire des connaissances spécifiques à un domaine procédural dans une perspective de développement des compétences ?

Bien que les équipes d'enseignants débutants ne soient pas exactement des équipes d'ingénieurs ou de designers, elles travaillent comme celles-ci, surtout lorsqu'elles cherchent à surmonter les « divergences » entre diverses stratégies que les individus au sein des équipes ne peuvent pas « imposer » rapidement ou facilement (par exemple : comment s'entendre pour partager un même objectif ?).

Réunissant tous les produits conçus par les équipes, cette recherche-action enrichit les connaissances sur le domaine en mettant en évidence la nécessité d'un monde commun dans lequel la collaboration / coopération entre plusieurs experts nécessite du temps. En effet, le travail d'équipe contribue à développer à la fois une dimension de travail

constructive (la construction des compétences individuelles à partir des désaccords qui apparaissent) ainsi qu’une dimension productive (la réalisation du projet et l’atteinte de ses objectifs).

Les principaux résultats concernant l’élaboration de ce contenu pédagogique par les différentes équipes montrent que la transposition d’un projet pluri-technologique en séquence d’enseignement suppose un temps d’appropriation et de transposition des outils et des stratégies qu’il faut prendre en compte en formation. En France, enseigner dans une perspective pluridisciplinaire ne va pas de soi, cette transposition étant le plus souvent envisagée par les étudiants dans une perspective disciplinaire. De plus, les enseignants débutants ont tendance à s’appuyer sur des outils effectivement utilisés dans le cadre du projet d’enseignement déjà mis en œuvre dans leurs classes avec leurs élèves et dans leur discipline.

Les limites de cette étude portent essentiellement sur deux aspects. Le premier concerne le contexte particulier des étudiants d’un parcours STI d’une ESPE qui s’inscrit dans une approche par les compétences. La portée des résultats de cette étude reste contingente au contexte et n’est pas généralisable en l’état. Le second aspect concerne le rôle des savoirs en jeu dans la situation proposée (conception d’un habitat bioclimatique) dans laquelle nous n’avons pas considéré qu’ils pouvaient avoir un effet sur l’activité collaborative des étudiants. Cette hypothèse pourrait faire l’objet d’un approfondissement dans le cadre d’un prolongement de cette étude d’un point de vue plus didactique.

Enfin, une perspective possible pour prolonger cette étude pourrait consister à mesurer les effets d’une telle approche sur les apprentissages des élèves lorsque les professeurs débutants mettent en œuvre l’APP dans leurs classes.

Bibliographie

- Aasland, K. E. (2010, 2-3 September 2010). *Large team projects – An alternative type of master project?* Paper presented at the The 12th International Conference on Engineering and Product Design Education, Trondheim.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., . . . Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39-43. doi:10.1080/00098650903505415
- Bødker, S., & Nylandsted Klokmoose, C. (2012). Preparing Students for (Inter-)Action with Activity Theory. *International Journal of Design*, 6(3), 99-111.

- Buck Institute for Education. (2012). *L'apprentissage par projets au secondaire. Guide pratique pour planifier et réaliser des projets avec ses élèves*. Montréal: Chenelière Éducation.
- Castera, J., Sarapuu, T., & Clement, P. (2013). Comparison of French and Estonian students' conceptions in genetic determinism of human behaviours. *Journal of Biological Education*, 47(1), 12-20. doi:10.1080/00219266.2012.716779
- Chatoney, M., & Laisney, P. (2019). Instrumented activity and theory of instrument of Pierre Rabadel. In J. Dakers, J. Hallström, & M. De Vries (Eds.), *Philosophy of technology for technology education to Sense/Brill* (pp. 55-72). Leiden: Koninklijke Brill NV.
- Damon, W. (1984). Peer education: The untapped potential. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 5(4), 331-343. doi:[https://doi.org/10.1016/0193-3973\(84\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0193-3973(84)90006-6)
- David, J. L. (2008). Project-based learning. *Educational Leadership*, 65(5), 80-82.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. (pp. 1-19): Oxford: Elsevier.
- Engeström, Y. (2005). *Developmental work research: Expanding activity theory in practice*. Berlin: Lehmanns Media.
- Geron, E. (1981). The theory of operative images (In memory of D. Ochanine, 1907–1978). *Applied Psychology*, 30(1), 123-132. doi:10.1111/j.1464-0597.1981.tb00985.x
- Ginestié, J. (2008). *The Cultural Transmission of Artefacts, Skills and knowledge. Eleven Studies in Technology Education in France*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Ginestié, J. (2017). A Critique of Technology Education for All in a Social and Cultural Environment. In P. J. Williams & K. Stables (Eds.), *Critique in Design and Technology Education* (pp. 193-212): Springer Singapore.
- Hacker, M., Burghart, D., Fletcher, L., Gordon, A., Peruzzi, W., Prestopnik, R., & Quissaanee, M. (2010). *Engineering and Technology*. Delmar Cengage Learning: Clifton Park, NY.
- Hattie, J. (2008). *Visible Learning. A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement* (1st Edition ed.). London: Routledge.
- Helle, L., Tynjala, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education - theory, practice and rubber sling shots. *Higher Education*, 51(2), 287-314. doi:10.1007/s10734-004-6386-5
- Hérold, J.-F., & Ginestié, J. (2009). Help with solving technological problems in project activities. *International Journal of Technology and Design Education, On line first*(12/12/09), 1-16. doi:10.1007/s10798-009-9106-8
- Howard, C., Boettcher, J., Justice, L., Schenk, K. D., Rogers, P. L., & Berg, G. A. (Eds.). (2005). *Encyclopedia of Distance Learning*. Bloomington, In: Idea Group Reference.
- Hsung, C. M. (2012). The Effectiveness of Cooperative Learning. *Journal Of Engineering Education*, 101(1), 119-137. doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb00044.x
- Lawanto, O., & Stewardson, G. (2013). Students' interest and expectancy for success while engaged in analysis- and creative design activities. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(2), 213-227. doi:10.1007/s10798-011-9175-3
- Lebahar, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris: Hermès-Lavoisier.
- Leontiev, A. N. (1972). *Activité, conscience, personnalité* (2eme ed.). Moscou : Editions du Progrès.

- Long, S. K., & Carlo, H. J. (2013). Collaborative Teaching and Learning through Multi-Institutional Integrated Group Projects. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 11(3), 233-241. doi:10.1111/dsji.12011
- Loperfido, F., Cucchiara, S., Sansone, N., Impedovo, M.-A., & Ligorio, M.-B. (2011). *The constructive and collaborative participation (CCP): a model for learning processes in university blended contexts*. Paper presented at the The conference proceedings of the 12th European Congress of Psychology (édition électronique), Istanbul: European Federation of Psychologists' Associations.
- Matthews, R. S., Cooper, J. L., Davidson, N., & Hawkes, P. (1995). Building Bridges Between Cooperative and Collaborative Learning. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27(4), 35-40. doi:10.1080/00091383.1995.9936435
- Proulx, J. (2004). *Apprentissage par projet*. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Purcell, A.-T., & Gero, J.-S. (1998). Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology. *Design Studies*, 19, 389-430.
- Rabardel, P., & Pastré, P. (2005). *Modèles du sujet pour la conception - Dialectiques activités développement*. Toulouse: Editions Octares.
- Rios, I. D., Cazorla, A., Diaz-Puente, J. M., & Yague, J. L. (2010). Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments. In H. Uzunboylu (Ed.), *Innovation and Creativity in Education* (Vol. 2, pp. 1368-1378). Amsterdam: Elsevier Science Bv.
- Sambu, L., & Simiyu, J. (2016). Conceptualizing Collaborative Teaching and Learning in Technical and Vocational Education and Training Institutions: A Psychological Science Perspective. *Africa Journal of Technical & Vocational Education & Training*, 1(1), 12.
- Snook, I., Clark, J., Harker, R., O'Neill, A.-M., & O'Neill, J. (2010). Critics and Conscience of Society: A Reply to John Hattie. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 42(2).
- Steen, M. (2013). Co-Design as a Process of Joint Inquiry and Imagination. *Design Issues*, 29(2), 16-28. doi:10.1162/DESI_a_00207
- Strimel, G., & Grubbs, M.-E. (2016). Positioning technology and engineering education as a key force in STEM education. *Journal of Technology Education*, 27(2), 21-36.
- Svinicki, M. D., & Schallert, D. L. (2016). Learning Through Group Work in the College Classroom: Evaluating the Evidence from an Instructional Goal Perspective. In M. B. Paulsen (Ed.), *Higher Education: Handbook of Theory and Research* (pp. 513-558). Cham: Springer International Publishing.
- Tortochot, E., & Laisney, P. (2017). The Collaborative Activities of Learning Design: "Inserting" Partnerships in Engineering and Technology Teaching with Novice Teachers. Paper presented at the *Proceedings of the Pupils Attitudes Towards Technology (PATT) Conference*, Philadelphia, Pennsylvania: United States.
- Tortochot, É., Moineau, C., & Farsy, S. (2020). L'énonciation et le dialogue : processus d'apprentissage et compétence professionnelle de conception. In J. Didier & N. Bonnardel (Eds.), *Didactique de la conception* (pp. 77-99). Belfort, France: Université technologique de Belfort et Montbéliard.
- Tricot, A., & Sweller, J. (2013). Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work. *Educational Psychology Review*, 1-19. doi:10.1007/s10648-013-9243-1
- Vygotski, L. S. (1962). *Thought and language*. New York: Wiley.

Yelle, F., Ethier, M.-A., & Lefrançois, D. (2016). Ce qui est visible dans l'apprentissage par la problématisation : une lecture critique des travaux de John Hattie. *Enjeux*, 12(3), 35-38.

Relation entre les activités de recherche et d'enseignement des enseignants-chercheurs en physique

Une entrée par l'usage des ressources

El Hage, Suzane⁽¹⁾

⁽¹⁾ EA 4692 Cérep, Université de Reims Champagne-Ardenne – France

Introduction et contexte

En France, la majorité des enseignants-chercheurs assurent au moins deux activités différentes : une activité d'enseignement et une activité de recherche. D'après les textes officiels¹, le temps de travail d'un enseignant-chercheur (EC pour la suite) est réparti par moitié entre la recherche et l'enseignement ; la seule partie quantifiée en durée et « visible » est la partie enseignement (192 h annuelles devant des étudiants). La quantification de la partie recherche semble être « floue » et dépend de plusieurs facteurs repérés par Becquet et Musselin (2004) comme par exemple, la nature de la discipline, le caractère solitaire ou non de l'activité de recherche, l'existence ou non d'appels d'offre de projet de recherche.

La présence d'un trait d'union entre enseignant et chercheur laisse entendre la présence d'une relation entre les deux types d'activités. Un enseignant-chercheur est formé en tant que chercheur et son évaluation ne porte que sur la recherche. Quant à son activité d'enseignement, elle ne s'appuie pas sur un curriculum officiel : la définition du « savoir »

¹ Article 7 du décret n°84-431 du 6 juin 1984 fixant les dispositions statutaires communes applicables aux enseignants-chercheurs et portant statut particulier du corps des professeurs des universités et du corps des maîtres de conférences.

qu'il enseigne relève pour l'essentiel de choix faits au sein des équipes universitaires lors de l'élaboration des maquettes de formation ou bien personnels. La question se pose alors du lien éventuel entre les deux types d'activités des EC, la recherche et l'enseignement. Elle est un objet de préoccupation depuis une vingtaine d'années aux Etats-Unis et plus récemment en France.

Conscients qu'il existe une grande diversité dans l'activité de recherche des EC en fonction des disciplines (Becquet et Musselin, 2004 ; Madsen et Winslow, 2009), nous présentons ici une étude exploratoire visant à documenter et à caractériser les éventuelles relations entre les activités d'enseignement et de recherche dans une seule discipline, la physique.

Exemples de recherches sur les pratiques enseignantes dans l'enseignement supérieur

Nous présentons tout d'abord quelques recherches sur les liens entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche des EC développées à l'étranger puis des travaux menés actuellement en France sur les pratiques enseignantes.

Quelques recherches internationales autour des pratiques enseignantes dans l'enseignement supérieur

Au niveau international, la question de la relation entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche des EC est traitée par des spécialistes de l'enseignement supérieur (par ex. Elton, 2001 ; Hattie et Marsh, 1996 ; Henckel, 2004 ; Lindsay et *al.*, 2002 ; Neumann, 1994). Henckel (2004) recense un ensemble de recherches visant à comprendre la relation éventuelle existant entre les activités d'enseignement et de recherche et la manière dont elles s'articulent l'une avec l'autre dans la vie des universitaires d'une part, et des étudiants d'autre part. Henckel (*ibid.*) souligne que ces recherches font essentiellement références aux termes utilisés par Neumann, plus précisément à la notion de Nexus. Neumann (1994) a mené des entretiens auprès de 28 étudiants de licence pour identifier leur perception/vision de l'articulation entre la recherche et l'enseignement dans les universités australiennes ; il met en avant trois types de connexions (nexus) entre enseignement et recherche :

- tangible (tangible nexus) : elle consiste à transmettre dans les cours universitaires de nouvelles connaissances et compétences découlant de la recherche dans sa discipline ;

- intangible (intangible nexus) : elle consiste à faire acquérir aux étudiants un esprit critique, une posture de recherche à l'égard des connaissances qui résulte du fait que l'enseignant est en même temps un chercheur ;
- global (global nexus) : elle consiste à faire des liens dépassant le cadre de l'individu et se situent au niveau institutionnel « *the direction given the course offerings by department research activity* » (Neumann, 1994, p. 324).

Cette étude montre l'existence de divers types de connexions/nexus entre recherche et enseignement. Cependant, Neumann (*ibid.*) constate que la dimension tangible du lien entre l'activité d'enseignement et de recherche est moins présente en lettres qu'en sciences. Ce même auteur souligne que les étudiants en sciences semblent savoir que ce lien entre enseignement et recherche leur donne accès aux techniques et aux compétences de recherche et leur permet de les utiliser.

De leur côté, Hattie et Marsh (1996) étudient les corrélations statistiques entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche à partir de la mesure des performances des universitaires en matière de recherche² et d'enseignement³. Pour cela, ils examinent 58 publications investiguant le lien entre enseignement et recherche ; ils soulignent qu'il n'existe pas de relation entre recherche et enseignement : « *the relationship between teaching and research is zero, and it would be more useful to investigate ways to increase the relationship* » (Hattie et Marsh, 1996, p. 533). Notons que l'approche quantitative mobilisée dans cette recherche ne permet pas de se pencher sur : (1) les raisons expliquant la non-présence de relations et (2) ne prend pas en compte les spécificités disciplinaires comme variable.

Madsen et Winslow (2009) adoptent une approche qualitative et procèdent par entretiens, pour étudier les relations entre les activités d'enseignement et de recherche dans deux disciplines : les mathématiques et la géographie physique. Adoptant une approche comparative, ils trouvent que les formes de relation entre l'enseignement et la recherche dépendent fortement de spécificités disciplinaires liées aux caractéristiques institutionnelles et épistémologiques de chaque discipline. Ils soulignent également que la relation entre l'enseignement et la recherche dépend étroitement de la perception/vision

² La performance en matière de recherche est mesurée par le nombre de publications, la nature des publications, le nombre de fois où la publication est citée, le nombre de doctorants, etc.

³ La performance en matière d'enseignement est mesurée par le nombre d'heures d'enseignement, la réussite/succès aux examens, la qualité de l'enseignement, l'évaluation de l'enseignement par les pairs, etc.

des enseignants-chercheurs des spécificités de leurs disciplines ; ces deux auteurs expliquent que les EC peuvent avoir une perception horizontale ou verticale de la discipline :

“In a vertical discipline, research typically means to produce or refine high-level techniques within (and based on) a sophisticated theoretical framework, and new research praxeologies will often base their tasks on the theory blocks of previous research organizations.” (Madsen et Winslow, 2009, p. 758)

Ils soulignent que la plupart des enseignants-chercheurs en mathématiques considèrent leur discipline comme verticale car des bases solides en mathématiques sont nécessaires pour avancer. Certains savoirs doivent être abordés avant d’autres, dans un certain ordre, les théories s’emboîtant les unes avec les autres.

De leur côté, les enseignants-chercheurs en géographie physique considèrent principalement leur discipline comme horizontale, même s’ils font appel à des connaissances en mathématiques :

“In a horizontal discipline, it may be more common to apply existing techniques and theory to new types of tasks (or new contexts for existing task types, as in ‘applied research’) and to display a broad spectrum of different research organizations that are only marginally dependent on each other.” (Madsen et Winslow, 2009, p. 758)

Il ressort clairement de cette recherche que la relation entre la recherche et l’enseignement dans le domaine des mathématiques diffère de manière « significative » de la recherche et de l’enseignement en géographie physique : « *we found a significant difference in how the respondents from the two disciplines assessed the relationship between research and teaching* » (p. 761).

Quelques recherches en France autour des pratiques enseignantes dans l’enseignement supérieur

En France, nous constatons depuis quelques années l’émergence d’un intérêt de la recherche pour les pratiques enseignantes dans l’enseignement supérieur, en particulier dans des travaux récents en didactique de différentes disciplines (didactique des mathématiques, didactique de la physique, didactique de la chimie, etc.). Ces études explorent des questions différentes ; nous ne prétendons ni que la synthèse ci-dessous est exhaustive ni qu’elle est en lien direct et explicite avec notre problématique sur les relations entre l’activité d’enseignement et de recherche. Cela étant, ces études méritent

d’être soulignées pour avoir une idée sur les recherches menées actuellement en France au niveau du supérieur afin que le lecteur puisse situer la recherche présentée dans le panel de recherche national.

El Hage et Ouvrier-Buffet (2018) s’intéressent aux chercheurs contemporains en physique et en mathématiques. Elles cherchent à obtenir des éléments de réponse sur la transposition des démarches de recherche et l’implémentation éventuelle, en classe, de ces démarches. Les résultats de l’analyse des données recueillies par entretiens auprès de quatre EC en physique et quatre EC en mathématiques montrent, notamment, des convergences et des divergences dans les démarches de recherche entre les chercheurs des deux disciplines en question.

En didactique de la physique, des études sont menées pour explorer certains aspects des pratiques d’enseignement des enseignants-chercheurs. De Hosson, Décamp, Morand et Robert (2015) interrogent 104 EC d’une même unité de formation et de recherche (UFR) à l’aide de questionnaires et d’entretiens et montrent que l’identité professionnelle de l’enseignant-chercheur, considérée dans son métier d’enseignant, est marquée par son attachement aux savoirs de sa discipline. De leur côté, de Hosson, Décamp et Colin (2016) s’intéressent à l’étude des pratiques enseignantes des EC au travers de l’usage des exemples. Bien que cette étude réalisée auprès de sept EC de physique porte prioritairement sur l’utilisation des exemples dans les pratiques enseignantes, elle permet néanmoins d’approcher, sous un certain angle, la relation entre enseignement et recherche. Il s’avère que le choix et l’usage de l’exemple ainsi que sa nature constituent « un indice de la proximité entretenue par l’EC entre activité d’enseignement et activité de recherche » (*ibid.*, p. 30).

En didactique de la chimie, Kermen (2016) s’intéresse aux pratiques enseignantes, aux usages et aux rôles que les enseignants à l’université, quels que soient leurs statuts (MCF⁴, PRAG et PU), attribuent aux exemples dans leurs enseignements. A partir d’entretiens réalisés auprès de huit enseignants intervenant à différents niveaux d’enseignement (licence et master), elle montre que tous les enseignants accordent une place importante à l’exemple. Cependant, le rôle attribué aux exemples dépend du niveau d’enseignement. Dans cette étude, les éventuels liens/proximités entre activité de recherche et d’enseignement ne sont pas soulignés explicitement.

⁴ Les PRAG (professeurs agrégés, sans obligation statutaire de faire de la recherche) ; PU désigne un professeur d’université et MCF un maître de conférences.

Cadre théorique et questions de recherche

Les recherches visant à comprendre la relation éventuelle entre l'enseignement et la recherche des EC conduites à l'international (hors contexte français) sont explorées à travers des analyses mêlant approches quantitatives et/ou qualitatives : Elton (2001), Hattie et Marsh (1996), Madsen et Winslow (2009), Neumann (1994), etc. Quant aux recherches menées en France, elles sont seulement de nature qualitative. Chaque étude se focalise sur une seule discipline en se centrant sur la démarche de recherche, l'identité professionnelle et l'usage des exemples dans la pratique d'enseignement. Aucune recherche ne s'est intéressée directement aux relations entre enseignement et recherche. Cependant, nous pouvons remarquer un lien indirect, dans la publication de Hosson et *al.* (2015). L'identité professionnelle y est spécifiée entre autres par la relation que l'EC entretient avec son activité de recherche au sein de laquelle il puise certaines de ses ressources pour enseigner. Par ailleurs, une grande diversité dans l'activité de recherche des EC en fonction des disciplines est signalée (Becquet et Musselin, 2004 ; Madsen et Winslow, 2009 ; etc.).

Ces différents constats nous ont conduit à choisir de nous placer au sein d'une seule discipline pour comprendre la vision que les enseignants-chercheurs ont de leur discipline et pour étudier la/les relation(s) entre les activités d'enseignement et de recherche des enseignants-chercheurs en physique.

Madsen et Winslow (2009) interrogent les relations entre activités d'enseignement et de recherche en adoptant une entrée par les institutions. Nous avons choisi une entrée complémentaire en fondant notre travail sur l'approche documentaire en didactique (Gueudet et Trouche, 2008) plus précisément sur l'usage des ressources. En effet, les enseignants-chercheurs utilisent des ressources dans l'institution enseignement et dans l'institution recherche .

L'approche documentaire : un cadre pour approcher l'activité d'enseignement et de recherche des enseignants-chercheurs

Pour étudier les interactions ressources - enseignant et ressources - chercheurs, nous allons mobiliser deux concepts fondamentaux de l'approche documentaire (Gueudet et Trouche, 2008) : ressource et document.

Cette approche considère que le cœur de l'activité du professeur est le travail documentaire. Au cours de ce travail, le professeur interagit avec un ensemble de ressources matérielles et/ou humaines ; le terme ressource désigne tout « ingrédient » qui

permet de re-sourcer l'activité et le développement professionnel des enseignants (Adler, 2000). Lors de ces interactions, le professeur développe un document qui intègre à la fois les ressources recombinaées et un schème (Vergnaud, 1996) d'utilisation de ces ressources. Selon Vergnaud (*ibid.*), un schème est une organisation invariante de l'activité, qui comporte notamment des règles d'action et qui est structuré par des invariants opératoires qui s'établissent au cours de cette activité, dans différents contextes rencontrés pour la même classe de situation. En résumé donc : « Document = ressources recombinaées + schème d'utilisation ». Gueudet (2017), dans une étude portant sur les ressources d'enseignement mobilisées par les enseignants du supérieur, propose une matrice pour présenter le document d'enseignement sous forme d'un tableau composé de quatre colonnes. Dans ce tableau, chaque ligne correspond à un document ; le tableau-document permet l'accès à la liste de documents. Les colonnes du tableau 1 ci-dessous montrent la matrice pour présenter un document.

	Buts	Ressources	Règles d'action	Invariants opératoires
Document 1				
Document 2				
Etc.				

Tableau n°1 : Matrice d'un tableau-document

Dans notre cas, et dans la continuité de nos recherches antérieures (Sabra et El hage, 2019), nous rappelons que les enseignants-chercheurs interagissent avec un ensemble de ressources pour développer deux types de documents : des documents de recherche et des documents d'enseignement.

« *We distinguish between:*

- 1) *the teaching document (aims related to the teaching class of situation, resources for teaching, rules of action and operational invariants) in the meaning of Gueudet (2017) and*
- 2) *the research document (aims related to research classes of situation, resources for research, rules of action and operational invariants) » (Sabra et El Hage, 2019, p. 365).*

Ces deux documents ne poursuivent pas les mêmes objectifs ; ils ne font pas partie de la même institution dans un sens chevallardien. Cependant, nous faisons l'hypothèse que des relations peuvent exister entre eux et prendre des formes différentes.

Pour résumer, dans le cas des enseignants-chercheurs, il nous semble possible de caractériser non seulement les documents de l'activité d'enseignement à l'université mais

aussi des documents spécifiques à l'activité de recherche. Dans la suite de notre travail, nous distinguons donc les documents de recherche des documents d'enseignement.

Questions de recherche

Les questions qui découlent de ces considérations sont les suivantes : comment les enseignants-chercheurs en physique utilisent-ils les ressources mobilisées dans leur propre métier de chercheur pour construire des documents utilisés dans leur activité d'enseignement ? quels types de relation peut-on en inférer entre l'activité de recherche et l'activité d'enseignement des enseignants chercheurs en physique ? peut-on repérer des facteurs susceptibles d'influer sur ces types de relation ?

Méthodologie

Recueil et traitement des données

Nos données sont issues d'entretiens avec trois enseignants-chercheurs volontaires en physique en France (EC 1, EC 2 et EC 3) et venant d'universités différentes. Leur profil est présenté dans le tableau 2. Notons en particulier que EC2 et EC3 enseignent en master et que EC1 et EC2 travaillent dans le même domaine de recherche.

	Genre	EC depuis	Domaine de recherche	Niveau d'enseignement
EC 1	F	19 ans	Physique nucléaire	Licence
EC 2	M	11 ans	Physique nucléaire	Licence et Master ⁵
EC 3	M	25 ans	Microscopie électronique	Master

Tableau n°2 : Profil des 3 enseignants-chercheurs en physique

Les entretiens comportent deux parties :

- la première partie porte sur la recherche (formation de l'EC, objectif de recherche, démarche de recherche, la place et le rôle de la preuve, la place et le rôle des hypothèses etc.) ;
- la deuxième partie porte sur l'enseignement (niveau d'enseignement, module d'enseignement, type d'enseignement -CM, TD, TP-, possibilité de transposer la démarche de recherche dans l'enseignement universitaire, leur avis sur l'existence

⁵ Les données exploitées par la suite concernent le niveau Master.

ou non d'un écart entre la physique enseignée et la physique qui se pratique dans les laboratoires etc.).

Aucune question directe sur les ressources n'a été posée. Nous avons laissé le choix aux EC de s'exprimer librement sur les ressources qu'ils mobilisent dans leurs activités d'enseignement et de recherche. L'entretien durait en moyenne une heure. Toutes les questions étaient ouvertes.

Pour le traitement des données, les entretiens ont été intégralement retranscrits. Nous avons choisi de faire deux tableaux pour chaque EC (figure n°1) : un tableau-document enseignement et un tableau-document recherche (Sabra et El Hage, 2019).

Tableau de documents enseignement				Tableau de documents recherche			
Buts	Ressources	Règles d'action	Invariants opératoires	Buts	Ressources	Règles d'action	Invariants opératoires

Figure n°1 : Les deux tableaux-documents qui permettent de considérer les documents enseignement et les documents recherche

Pour construire ces tableaux (figure n°1), nous avons procédé de la même façon que Gueudet (2017) en suivant les mêmes étapes :

- identifier les buts de l'activité ;
- associer les ressources aux buts de l'activité ;
- repérer les règles d'actions, c'est-à-dire les façons dont les enseignants utilisent les ressources de manière régulière. Cela correspond à des déclarations dans les entretiens telles que : « nous commençons toujours par une recherche bibliographique ... », « d'habitude la première étape est suivie par ... » ;
- compléter les invariants opératoires. Ces derniers correspondent à des déclarations justifiant les modes stables d'utilisation des règles d'action telles que : « Je fais comme ça.... Parce que je pense que ... ».

Pour construire le tableau-document recherche, nous utilisons la première partie de l'entretien qui porte sur la recherche alors que nous utilisons la deuxième partie de l'entretien pour construire le tableau-document enseignement. Une fois les deux tableaux-documents construits :

- nous repérons les ressources pivots (les ressources utilisées au moins pour deux buts et donc pour au moins deux documents) dans le tableau de documents recherche. Pour cela, nous regardons les différents documents (chaque document

correspond à une ligne dans le tableau) et nous repérons les ressources pivots dans le tableau de documents recherche ;

- nous vérifions ensuite si cette ressource pivot figure ou non dans le tableau de documents enseignement ;
- si c'est le cas, nous prenons en compte d'une part, les documents recherche où la ressource figure et d'autre part les documents enseignement où cette ressource pivot figure également. Si cette ressource pivot dans le tableau de documents recherche est absente dans le tableau de documents enseignement, nous essayons de comprendre la raison pouvant expliquer l'absence de cette ressource.

Résultats

Nous avons constaté que les trois EC ont une vision verticale de la discipline ainsi que de l'enseignement de la discipline. Cependant, nous avons identifié trois types de relation entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche, chaque type étant spécifique d'un enseignant-chercheur.

Premier type de relation : action d'instanciation de ressources

Dans le cas de EC 2, nous avons identifié cinq documents pour l'activité de recherche. La ressource « les matériaux du nucléaire » figure dans quatre documents de recherche sur les cinq (effectif de documents de recherche dans le tableau de documents recherche). EC 2 dans ses recherches : (a) fait des expériences sur les matériaux du nucléaire où une vingtaine de paramètres interviennent simultanément, (b) vérifie la reproductibilité des résultats afin de développer des simulations.

Cette ressource pivot est identifiée dans deux documents enseignement sur 3, comme l'illustre le tableau 3.

Extrait du tableau-document enseignement			
Buts	Ressources	Règles d'action	Invariants opératoires
Sensibiliser les étudiants sur 2-3 paramètres précis en lien avec le matériau du nucléaire	1. Ressources mobilisées dans l'enseignement des modules les années antérieures (diffusion, cristallographie appliquée au matériau du nucléaire) ; 2. Collègue.	1. Discuter avec les collègues ; 2. Fixer 2-3 paramètres à enseigner dans le module pour donner suite à la discussion avec les collègues.	1. Le domaine du nucléaire est très vaste ; 2. Il nous faut un panel très, très large de compétences et un grand nombre de paramètres à prendre en compte lors de la réalisation d'une expérience ; 3. Sensibiliser les étudiants sur 2-3 paramètres bien précis.

Tableau n°3 : Extrait du tableau-document enseignement

Dans le premier document enseignement, EC 2 enseigne, au niveau Master, un module qu'il a conçu lui-même intitulé « diffusion et cristallographie appliquée au nucléaire ». Dans ce module, EC 2 choisit deux à trois paramètres à traiter dans son cours pour donner des repères aux étudiants. En effet, « les matériaux du nucléaire sont abominables, avec pleins de paramètres à prendre en compte ... les étudiants ont besoin de bases solides en lien avec quelques paramètres ; ils ont besoin de repères avant de voir des choses exotiques et utopiques avec plein de paramètres à prendre en compte ». Dans ce cas, EC 2 enseigne quelques paramètres seulement sur la vingtaine qu'il mobilise en recherche.

Nous considérons que EC 2 fabrique de « l'enseignable » en choisissant les paramètres qui lui semble important et accessibles pour les étudiants. Nous qualifions donc ce type de relation entre recherche et enseignement comme étant une instanciation de ressource.

Dans le 2^{ème} document enseignement, EC 2 enseigne, au niveau Master, un module qu'il a conçu avec un collègue intitulé « matériaux modèles en nucléaire ». EC 2 choisit d'enseigner des matériaux modèles : silicium de son modèle général qu'il mobilise dans ses recherches ; ceci est illustré dans l'extrait suivant :

« Le silicium est uniforme avec pas ou peu de porosité. Il n'y a pas de problème avec ce matériau, c'est un modèle particulier donc on peut mettre derrière une théorie qui marche du feu de dieu... Le silicium est une de nos références, c'est un de nos repères/modèles en recherche et il est important de l'enseigner ».

En effet, EC 2 n'enseigne pas le modèle qu'il décrit lui-même comme « général et complexe » mais enseigne un modèle qu'il qualifie de « plus simple tout en étant cohérent avec la théorie générale ».

Nous considérons que EC 2 fabrique là aussi de l'enseignable. EC 2 enseigne un modèle particulier qu'il utilise comme référence dans ses recherches et dont son enseignement en Master lui semble fondamental. Nous qualifions donc là aussi ce type de relation entre recherche et enseignement comme étant une instanciation de ressource.

Deuxième type de relation : action de transfert partiel d'une posture de recherche

Dans le cas de EC1, nous avons identifié cinq documents pour l'activité de recherche. Deux ressources pivots sont identifiées : « références bibliographiques » et « matériaux du nucléaire ». Quant à la ressource pivot « références bibliographiques », elle regroupe l'identification des références pertinentes ainsi que la lecture d'écrits de recherche. Cette ressource pivot figure dans deux documents de recherche sur cinq.

Après vérification dans le tableau-document enseignement, nous avons constaté que cette même ressource est mobilisée dans deux documents-enseignement. Dans les deux documents enseignement en question, EC 1 encourage les étudiants à chercher et à lire des références bibliographiques dans le cadre de projets tutorés. Le tableau 4 correspond à un extrait du tableau-document enseignement montrant la présence de la ressource, références bibliographiques.

Extrait du tableau-document enseignement			
Buts	Ressources	Règles d'action	Invariants opératoires
Initier à la démarche de recherche via des projets tutorés.	1.Sujet céramique ; 2.Sujet pigment ; 3.Références bibliographiques.	1.Elaborer par EC1 les contenus des projets à proposer ; 2.Faire travailler les étudiants par groupe de 6 sur un même projet ; 3.Demander aux étudiants de faire d'abord une recherche bibliographie par rapport au sujet de projet, de faire des manipulations etc.) ; 4.Accompagner les élèves en fonction de besoins (répondre à leurs questions, les orienter en cas de besoin dans leur démarches) 5.Faire des présentations orales de leur projet à la fin de l'année	1.Il faut que les étudiants soient actifs ; 2.Il faut que les étudiants travaillent par eux-mêmes, être autonome et être responsable de A (recherche bibliographique) à Z dans le cadre du projet.

Tableau n°4 : Extrait du tableau-document enseignement

Dans le cadre de projet tutoré, EC 1 connaît les réponses/solutions des projets tutorés proposés et nous supposons qu'elle ne mobilise pas forcément les mêmes textes en

recherche et en enseignement. Cependant, le fait d'inviter ses étudiants à rechercher par eux-mêmes les références pertinentes et à les lire permet de les faire vivre et mettre en place des actions qu'elle met en place dans sa démarche de recherche. Nous considérons qu'il s'agit dans ce cas d'un transfert d'une partie de sa posture réflexive mobilisée pendant son activité de recherche dans ses situations d'enseignement. EC 1 considère qu'une partie des pratiques de recherche est accessible aux étudiants ; il s'agit plus particulièrement de faire comprendre aux étudiants que pour réaliser le projet, il faut qu'il fasse une recherche bibliographique car cela fait partie de sa démarche de recherche en tant que chercheur. Nous qualifions ce type de relation entre recherche et enseignement comme une action de transfert partiel d'une posture de recherche.

Quant à la ressource pivot « matériaux du nucléaire » elle ne figure pas dans le tableau - documents enseignement. Nous faisons l'hypothèse que son absence est due au fait que EC 1 enseigne en Bac+1 et Bac+2 et jamais en Master. Nous nous demandons donc si la relation entre recherche et enseignement n'a pas été freinée à cause de son enseignement en licence ainsi que de la nature des modules que EC1 doit enseigner en licence.

Troisième type de relation : action de décontextualisation d'une ressource

Dans le cas de EC 3, nous avons identifié trois documents pour l'activité de recherche. La ressource pivot est « le microscope électronique ». Cette ressource figure dans deux documents de recherche sur trois. EC 3 utilise le microscope électronique et dit :

« Moi, mon domaine que j'aime beaucoup c'est la microscopie électronique c.à.d. l'appareil qui permet de faire des choses, qui permet d'aller voir l'infiniment petit et donc qui en soi nécessite beaucoup de connaissances et des compétences ».

Cette même ressource figure dans son tableau-document enseignement.

En effet, EC 3 profite des cours magistraux pour enseigner des bases solides en physique (les différents paramètres de la microscopie électronique) aux étudiants de niveau Master car c'est nécessaire pour pouvoir régler l'appareil et surtout que le réglage conditionne la qualité des résultats rendu par l'appareil et donc la qualité de recherche. EC 3 explique qu'il :

« Il faut avoir beaucoup lu, avoir beaucoup de connaissances et de compétences sur plusieurs choses entre autres la vieille physique comme la propagation des ondes du 19^{ème}

siècle.... Sinon c'est impossible de faire le paramétrage à plusieurs endroits pour optimiser le résultat ».

Après les cours théoriques, EC 3 met les étudiants de Master 2 en stage de situation d'observation de paramétrage du microscope électronique. Cela permet de faire comprendre aux étudiants l'importance d'avoir beaucoup de connaissances sur la « vieille physique », de voir l'endroit où un paramétrage est possible. Le stage n'a pas comme objectif de faire un lien entre le choix de paramétrage et les questions de recherche.

Pour conclure, les cours théoriques sont décontextualisés ; le stage d'observation permet de voir les endroits où il est possible de faire du paramétrage de l'appareil. Il n'y a pas aucun lien entre paramétrages et objectif de recherche. Nous qualifions donc ce type de relation entre l'activité de recherche et l'activité d'enseignement comme action de décontextualisation d'une ressource.

Discussion

Dans le cas de ces trois enseignants-chercheurs, il y a un « transfert » de ressources mobilisées dans l'activité de recherche vers l'enseignement. Nous avons trouvé trois types de relations entre enseignement et recherche :

- l'action de décontextualisation d'une ressource mobilisée en recherche lors de l'enseignement ;
- l'action d'instanciation d'une ressource ;
- l'action de transfert en partie d'une posture de recherche.

Les 3 enseignants-chercheurs ont une vision plutôt verticale de la discipline (de nombreuses connaissances préalables et cumulatives sont nécessaires pour comprendre la discipline). En effet, pour les 3 enseignants-chercheurs, les étudiants de différents niveaux d'enseignement ont besoin d'avoir de solides bases en physique au niveau des connaissances conceptuelles. Cependant EC1 est la seule à signaler que les étudiants ont également besoin de maîtriser la démarche scientifique ; pour EC1, la maîtrise des savoirs est très importante mais elle n'est pas suffisante en tant que telle. Ci-dessous quelques extraits des entretiens :

EC 3 : « Manipuler le microscope électronique est trop complexe pour les étudiants ; avant de commencer à l'utiliser il faut d'abord le maîtriser et comprendre les différents paramètres. Il faut que l'étudiant ait un fond solide » ;

EC 2 : « On ne peut pas éveiller les étudiants à des démarches de recherche, ils sont trop verts et pas assez mûrs, ils n'ont pas assez de bases solides théoriques sur lesquelles réfléchir... Ils n'ont pas un background pour proposer quelque chose » ;

EC 1 : « Il me semble qu'en sciences hein qu'il faut beaucoup travailler la partie où on reçoit les connaissances et des savoirs mais il faut aussi les initier à une démarche de recherche, c'est super, parce que ça permet de montrer à quoi ça sert et un peu de les rendre créatifs ».

Comme souligné par Madsen et Winslow (2009), nos résultats montrent également que la vision de la discipline a un impact sur les relations entre l'activité de recherche et l'activité d'enseignement repérées chez des enseignants-chercheurs. En revanche, nos trois types de relation entre l'activité de recherche et d'enseignement des enseignants-chercheurs en physique constituent une nouveauté. Chaque type de relation est spécifique de chaque enseignant-chercheur qui ne dispense ni les mêmes modules d'enseignements ni enseigne au même niveau ; l'enseignement en licence est différent de l'enseignement en Master. Ce dernier pourrait constituer une initiation à la recherche et une préparation à l'entrée en doctorat.

Conclusion, limites et perspectives

Notre choix de l'approche documentaire s'est révélé opérationnel ; l'entrée par les ressources permet d'étudier les relations entre enseignement et recherche des EC en physique même si la construction des tableaux documents est complexe.

Notre étude exploratoire nous a permis de repérer trois types de relations entre l'activité d'enseignement et l'activité de recherche. Elle nous a également permis d'envisager différents facteurs susceptibles d'influer sur ces relations, entre autres la vision de la discipline de recherche, le module d'enseignement ainsi que le niveau d'enseignement. Ce sont autant de facteurs qui ouvrent sur des pistes ultérieures de recherche.

Nous avons également remarqué que, dans un cas, la mise en relation entre enseignement et recherche est empêchée pour une raison qui ne dépend pas de l'individu (EC) mais plutôt de l'institution enseignement à l'université. Pour mieux comprendre cet état de fait, le modèle développé par Madsen et Winslow (2009) autour de la séparation entre l'institution de recherche et l'institution d'enseignement pourrait être mobilisé.

Pour finir, il nous semble important de rappeler que notre étude se fonde sur des données déclaratives de 3 EC volontaires. Même si de nombreuses études didactiques ont montré qu'en matière d'enseignement, le déclaratif différait bien souvent des pratiques effectives

(Robert, 2012), il nous semble qu'il permet toutefois de donner accès aux « conceptions » que les enseignants-chercheurs se font de leurs activités de chercheur d'une part et d'enseignant d'autre part, et des relations entre les deux.

Bibliographie

- Adler, J. (2000). Conceptualizing resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 3, 205-224.
- Becquet, V., & Musselin, C. (2004). Variations autour du travail des universitaires. *Etats Généraux de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur*. Convention MENRT, ACI « Travail ».
- de Hosson, C., Décamp, N. & Colin, P. (2016). L'usage des exemples dans l'enseignement de la physique à l'université : un marqueur de l'identité pédagogique des enseignants-chercheurs ? *Recherches en Education*, 27, 19-34.
- de Hosson, C., Décamp, D., Morand, E. & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 161-190.
- El Hage, S. & Ouvrier-Buffer, C. (2018). Les démarches de chercheurs en physique et en mathématiques. Enjeux didactiques d'une nouvelle approche épistémologique. *Recherches en éducation*, 34, 62-82.
- Elton, L. (2001). Research and Teaching: conditions for a positive link. *Teaching in Higher Education*, 6, 43-56.
- Hattie, J., & Marsh, H.W. (1996). The Relationship between Research and Teaching: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66(4), 507-542.
- Henkel, M. (2004). La relation enseignement-recherche. *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur*, 16(2), 21-36.
- Gueudet, G. (2017). University Teachers' Resources Systems and Documents. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 3(1), 198-224.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218.
- Kermen, I. (2016). Utilisation et rôles des exemples lors d'enseignements universitaires de chimie. *Recherches en éducation*, 27, 35-51.
- Lindsay, R., Breen, R., & Jenkis, A. (2002). Academic Research and Teaching Quality: The Views of Undergraduate and Postgraduate Students. *Studies in Higher Education*, 27(3), 309-327.
- Madsen, L. M., & Winslow, C. (2009). Relations between teaching and research in physical geography and mathematics at research-intensive universities. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 741- 763.
- Neumann, R. (1994). The Teaching-Research Nexus: applying a framework to university students' learning experiences. *European Journal of Education*, 29(3), 323-339.
- Robert, A. (2012). A didactical framework for studying students' and teachers' Activities when learning and Teaching Mathematics. *International Journal of Technology in Mathematics Education*, 19(4), 153-158.
- Sabra, H. & El Hage, S. (2019). Forms of relation between teaching and research in mathematics and physics at university: from the lens of interaction with resources. in

- Designing Instruction. In L. Trouche, G. Gueudet, G., & B. Pepin (Eds.), *Resources in Teachers' Professional Activity* (p. 362-379). New York: Springer.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J. Barbier (Ed.), *Savoirs didactiques et savoirs d'action* (p. 275-292). Paris : PUF.

Conclusion

Boilevin, Jean-Marie⁽¹⁾

⁽¹⁾ Univ Brest, Univ Rennes, CREAD, F-29200 Brest, France

À l'issue de la lecture de cet ouvrage, un certain nombre de remarques et de constats peuvent être faits. Même si les effectifs sont réduits, la communauté des chercheurs en didactique des sciences et des technologies francophone apparaît toujours active et productive. Dupin (2010) notait que le nombre de communications avait doublé en 10 ans, entre les 1^{ères} rencontres scientifiques de 1999 et les 5^{èmes} de 2007. Le constat est presque le même en 2018 pour les 10^{èmes} rencontres de l'ARDiST puisque le nombre de communications s'approche peu à peu de la centaine. De plus, cette communauté francophone s'élargit puisque les pays représentés sont de plus en plus nombreux au fil des rencontres scientifiques comme le montre les données disponibles (Dupin, 2010 ; Kermen, 2020).

Concernant les champs disciplinaires représentés, les recherches en didactique de la physique-chimie et des sciences de la vie et de la Terre sont toujours largement dominantes. Et comme le signalait déjà Dupin (2010), au sein de ces disciplines, chimie et géologie restent minoritaires. De plus, la didactique des technologies (incluant l'informatique) est de moins en moins présente : 10 communications pendant les 10 premières années, 7 en 2016, 2 en 2018. Il semble bien que ceci reflète le faible nombre d'équipes travaillant dans ce secteur comme le suggérait Dupin en 2010. Ce point mériterait très certainement toute l'attention des membres de l'ARDiST. En revanche, les recherches concernant l'éducation scientifique et technologique dans le premier degré sont de plus en plus présentes, avec une attention particulière à l'école maternelle en 2018, intérêt qui restera à confirmer dans les prochaines rencontres scientifiques. Enfin, Dupin notait en 2010 l'émergence d'un nouveau domaine : les éducations à ... et notamment l'éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD). Ce domaine est

toujours présent mais il semble s'ouvrir à des perspectives transdisciplinaires autour de recherches prenant en compte plusieurs champs disciplinaires (physique et mathématiques, chimie et biologie, etc.).

Les sujets de recherche abordés sont toujours variés mais on note une certaine stabilité, déjà signalée par Dupin (2010). Ainsi, la majorité des recherches présentées dans cet ouvrage sont centrées sur :

- les élèves, leur travail, leurs conceptions, leurs stratégies d'apprentissages, etc. ;
- les professeurs, leurs pratiques, leurs épistémologies, leur formation, leur développement professionnel, etc. ;
- la didactisation de nouveaux éléments de savoir, la production de séquences d'enseignement, l'ingénierie, etc. ;
- l'analyse de situations d'enseignement-apprentissage.

Cependant, il est à noter que l'attention particulière portée au rôle du langage dans l'appropriation des savoirs scientifiques, qui constitue une partie spécifique de cet ouvrage, était déjà signalée par Kermen (2020) comme une nouvelle orientation prometteuse à l'occasion des rencontres scientifique de 2016.

Par ailleurs, comme le repérait Dupin en 2010, les recherches concernent très majoritairement les enseignements secondaires dans les filières d'enseignement général. L'enseignement supérieur, et notamment la formation des maîtres, est également présent de façon notable. Mais il semble que l'enseignement primaire donne lieu à un développement de recherches depuis quelques années, comme le montre le nombre de communications présentées en 2018 et le nombre de chapitres de cet ouvrage (7 sur 24). En revanche, les recherches concernant l'enseignement secondaire professionnel sont totalement absentes en 2018 alors qu'elles étaient déjà très peu représentées au cours des 10 premières années d'existence de l'ARDiST (Dupin, 2010). Nous ne pouvons que souscrire au propos de Dupin qui sont malheureusement toujours d'actualité (2010, p. 8) : « Est-ce à dire que seul l'enseignement dans les filières générales intéresse les didacticiens des sciences ? Y aurait-il, sous-jacent, un point de vue élitiste qui ferait penser qu'il n'y a de bonne science que dans les filières scientifiques des lycées ? Remarquons d'ailleurs, et cela va dans le même sens, que l'enseignement des sciences pour les non scientifiques des lycées généraux ne suscite aucune recherche. Il concerne pourtant un nombre non négligeable de lycéens et de futurs citoyens. Voilà encore un champ de développement possible des recherches ».

Les études présentées dans les différents chapitres montrent un usage de méthodes classiques pour une discipline de recherche située dans le champ des sciences humaines même si on peut noter une sur-représentation des études de cas par rapport à des études statistiques portant sur de grands effectifs. Ainsi, les entretiens, questionnaires, observations instrumentées ou non de situation de classe, analyses de discours, sont les plus souvent utilisés.

L'inquiétude formulée par Dupin (2010) devant l'absence de cadre théorique explicite dans près de 40 % des communications présentées pendant les 10 premières années de l'ARDiST n'est plus vraiment de mise. En effet, la lecture des différents chapitres de cet ouvrage montre que les travaux en didactique des sciences et des technologies s'appuient sur une grande diversité de cadres théoriques, illustrant d'une certaine façon les spécificités épistémologiques des didactiques disciplinaires (Kermen, 2020). Cependant, de grandes orientations théoriques sont souvent convoquées dans les travaux présentés (constructivisme, socioconstructivisme, théorie de l'activité, etc.). De plus, des cadres théoriques sont empruntés à d'autres champs de recherche en didactique (théorie anthropologique du didactique, théorie de l'action conjointe en didactique, etc.) mais la question d'une unification semble toujours « prématurée » (Orange, 2014). Comme l'évoque Kermen (2020), « les didactiques des disciplines scientifiques et technologiques ont encore de nombreuses problématiques à explorer pour élargir le champ des connaissances et éventuellement avancer certaines propositions », à l'instar de Jameau (2021) qui proposait des programmes de recherche mettant en relation didactique de la physique et didactique professionnelle.

En vingt ans d'existence de l'ARDiST, de nombreuses connaissances nouvelles ont été produites comme le montre la consultation des actes des dix éditions des rencontres scientifiques. Gageons que l'association saura encourager le développement de ces travaux de recherche et également contribuer à leur diffusion, non seulement auprès de la communauté des chercheurs en didactique, mais également auprès des décideurs politiques et des enseignants et des formateurs. Cette première édition d'un livre post-rencontres, disponible gratuitement sur le site de l'ARDiST, est, espérons-le, l'acte fondateur d'un nouvel engagement de l'association en ce sens.

Bibliographie

Dupin, J.-J. (2010). Dix ans de travaux en didactique vus à partir des actes des rencontres de l'ARDiST. *SKHOLÉ*, 16, 9-16.

- Jameau, A. (2021). Un cadre didactique d'analyse de l'activité d'enseignement de la physique. Mise en relation d'éléments théoriques et méthodologiques en didactique de la physique et en didactique professionnelle. [Note de synthèse pour l'Habilitation à diriger des recherches, Université de Bretagne Occidentale].
- Kermen, I. (2020). Diversité des approches en didactique des sciences et des technologies. Arras : Artois Presses Université.
- Orange, C. (2014). Regard complémentaire – Unité et diversité du didactique. *Éducation et didactique*, 8(1), 85-90

Index des auteurs

Audrin, 349
Bernard, 85
Biagioli, 333
Boilevin, 11, 425
Bosdeveix, 153, 285
Boyer, 31
Briaud, 49
Canac, 153
Chalak, 49
Crépin-Obert, 285, 317
Decker, 349
Drot-Delange, 361
El Hage, 407
Fortin, 85, 285
Fuchs-Gallezot, 135
Givry, 31
Guillou-Kerédan, 165
Hannaoui, 333
Hindryckx, 375
Jameau, 11, 235
Jaubert, 165
Kermen, 6, 269
Laisney, 389
Le Hénaff, 235
Leininger-Frezal, 285
Lhoste, 165
Manzoni de Almeida, 217
Marlot, 65, 349
Marzin-Janvier, 217
Maurines, 135
Mencacci, 31
Morge, 349
Morin, 181
Moutet, 249
Panissal, 85
Pautal, 85
Pelé, 317
Pélissier, 301
Plé, 201
Poffé, 375
Quinte, 101
Regad, 285
Roux-Goupille, 285
Roy, 65
Santini, 333
Seixas Mello, 217
Simonneaux, 181
Tort, 361
Tortochot, 389
Touzri Takari, 119
Turpin, 285
Witczak, 301

