

LA MISE EN ŒUVRE D'UNE DÉMARCHE D'INVESTIGATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

UNE ÉTUDE DE CAS

Résumé : Cet article présente une étude de cas portant sur les pratiques d'une enseignante de CM1 dans un établissement ordinaire français lors d'une séance de sciences de type démarche d'investigation (DI) sur la miscibilité. Après avoir identifié les enjeux liés à l'enseignement des mélanges et solution, nous analysons les pratiques de l'enseignante. Pour cela nous nous plaçons dans le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique des pratiques. Il s'agit de caractériser les choix réalisés par l'enseignante pour l'enseignement des sciences mettant en œuvre une DI et d'identifier l'influence de certains déterminants sur les logiques d'action de l'enseignante.

Mots-clefs : démarche d'investigation, mélanges et solution, pratique enseignante, enseignement, école élémentaire, sciences.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, la démarche d'investigation (DI) a fait son apparition dans les programmes des sciences expérimentales et des mathématiques de l'école (MEN, 2002) et du collège (MEN, 2005)¹. Ce mode d'enseignement des sciences, basé le plus souvent possible sur des activités expérimentales, « hands' on » ou « inquiry », a vu le jour aux USA dans les années soixante et a été intégré dans les programmes américains dans les années quatre-vingt-dix (AAAS, 1993). Cette méthode d'enseignement, appelé en France, démarche d'investigation, a été instituée notamment pour faire face à la désaffection des jeunes pour les études scientifiques et techniques (Eurydice 2006 ; Rocard 2007) qui pourrait, à plus long terme, nuire au développement scientifique, technologique et économique du pays.

La démarche d'investigation s'inscrit dans la lignée des activités d'éveil mises en place dans l'enseignement primaire en 1969. Ces activités d'éveil ont remplacé la leçon de choses. Il s'agit, lors de ces activités, d'enseigner les sciences de manière constructiviste en mettant l'élève dans une situation proche de celle du scientifique, avec ses tâtonnements et ses retours en arrière (Host et Martinant, 1975). A partir de situation problème, les représentations des élèves sont repérées (Dulau, 1974), des questions scientifiques sont posées et des expériences réalisées par les élèves permettront d'y répondre. Il s'agit de donner une place privilégiée à l'expérience. Ces activités scientifiques suivent l'épistémologie bachelardienne (Best, 1973). En effet, les travaux de Gaston Bachelard (1938) sur la formation de l'esprit scientifique ont remplacé les épistémologies empiriste, posi-

¹ Elle a été introduite dans les lycées sous la forme de « démarche scientifique » (MEN, 2010).

tiviste et inductiviste de la leçon de choses basée sur l'observation, contre lesquelles se sont positionnées les activités d'éveil. Cette révolution dans l'enseignement des sciences a conduit à une forte mobilisation et un travail considérable de la part des équipes pédagogiques (inspecteurs de l'Éducation nationale, enseignants) ainsi que des chercheurs de l'Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique (INRDP) (Host, 1973).

Cette démarche a été très vite controversée en mettant en avant entre autres le manque de précision des objectifs en termes de connaissances (Kahn, 2000). De vives polémiques se sont également élevées en pointant le côté essentiellement ludique de la démarche (Despin & Bartholy, 1983).

Comme le pointe Francine Best (2006), les programmes de l'école d'aujourd'hui s'inscrivent dans une filiation avec les activités d'éveil : « Les instructions officielles et les programmes récents (2002) portent la trace – tout en n'utilisant jamais le terme “éveil” – de la dynamique pédagogique qu'ont engendrée les activités d'éveil ». On peut en effet noter la proximité des objectifs en termes d'autonomie, d'aptitude à créer et inventer, de communication qui étaient déjà présents dans les objectifs des activités d'éveil (Host, 1973).

La démarche d'investigation a été mise en avant par *La main à la pâte* en 1996 et dans le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (PRESTE) en 2000. Elle fait désormais partie des programmes de l'école primaire en France : « *Les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel [...]. Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de La main à la pâte sont essentiels [...]; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique* » (MEN 2008 : 24). Même si la démarche d'investigation valorise l'expérience, d'autres modes d'investigations sont possibles comme l'observation, la recherche documentaire, la modélisation, les enquêtes et les visites. Les élèves s'interrogent sur un problème, proposent des hypothèses, expliquent leur point de vue, discutent les hypothèses de leurs camarades, argumentent. Un des buts de la démarche d'investigation est de rendre l'enseignement des sciences plus vivant, plus motivant pour les élèves. Les tâches sont plus ouvertes et conduisent à une activité cognitive plus grande et par conséquent confèrent plus d'autonomie aux élèves que lors de cours où on leur expose lois et théories, ils deviennent ainsi acteurs de la construction des connaissances et des compétences.

Parmi les nombreuses définitions de la pratique de l'investigation en classe, nous retiendrons celle de Minner *et al.* (2009 : 5) « *L'enseignement fondé sur l'investigation peut être caractérisé par trois aspects : (1) la présence d'un contenu scientifique, (2) l'engagement des élèves avec le contenu scientifique et (3) la responsabilité des élèves dans l'apprentissage, la pensée active de l'élève ou la motivation des élèves dans au moins une composante de la question étudiée – la conception, les données, la conclusion ou la motivation* ». Dans les programmes français de l'école primaire, il est défini cinq moments dans la DI :

- choix d'une situation de départ²,
- formulation du questionnement des élèves,

² Le choix de la situation de départ a pour but de susciter la curiosité des élèves et doit être source de questionnement. Ainsi, l'élève sera plus enclin à chercher à résoudre un problème si ce dernier a du sens pour lui et s'il a participé à son émergence.

- élaboration d'hypothèses et conception de l'investigation pour les tester,
- investigation conduite par les élèves, acquisition et structuration des connaissances.

Dans ceux du collège, nous en comptons sept :

- le choix d'une situation-problème par le professeur (qui permet de repérer les acquis initiaux et identifier les conceptions des élèves)³,
- l'appropriation du problème par les élèves,
- la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles,
- l'investigation ou la résolution de problème conduite par les élèves,
- l'échange argumenté autour des propositions élaborées,
- l'acquisition et la structuration des connaissances,
- l'opérationnalisation des connaissances.

La comparaison des deux canevas entre les deux ordres d'enseignement montre qu'au collège, on trouve deux moments supplémentaires (l'échange argumenté autour des propositions élaborées et l'opérationnalisation des connaissances) qui suggère que dans le second degré une place plus importante à l'argumentation, aux échanges entre élèves est peut-être accordée ainsi que des exercices de réinvestissement qui, eux, sont en effet plus mobilisés dans le secondaire. Notons qu'il est précisé que tous les moments ne sont pas nécessaires selon les thèmes abordés et que des allers-retours entre les moments sont possibles, qu'il ne s'agit pas d'une succession de phases. Par conséquent, on peut trouver différentes mises en œuvre de la DI par les enseignants, certains privilégieront par exemple l'occasion de développer l'autonomie des élèves, d'autres la capacité d'argumenter, d'échanger, de communiquer. Certains enseignants mettront l'accent sur les activités expérimentales. Un rapport de l'inspection générale (2001), souligne les dérives possibles comme l'empirisme « *qui laisserait croire aux enfants (et aux enseignants) que tout "sort" d'une expérience, indépendamment d'une référence au savoir constitué* ». D'ailleurs Jean-Marie Boilevin définit une séquence d'enseignement comme étant une séquence d'investigation « *si l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence, en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental* », en privilégiant l'argumentation et le débat (Boilevin, 2013 : 264).

De nombreux chercheurs en didactique se sont consacrés à l'étude de la démarche d'investigation, que ce soit au niveau de l'analyse curriculaire ou au niveau des analyses de pratiques. Les recherches sur la démarche d'investigation se sont intéressées aux processus d'enseignement et d'apprentissage mis en jeu (Boilevin, 2013) et au développement de la vision des sciences des enseignants (Lederman, 1999). Outre les études sur les fondements épistémologiques et psychologiques de la DI (Cariou, 2013 ; Bächtold, 2012 ; Coquidé *et al.* 2009), sur les mises en œuvre de la DI dans le cadre de formations continues (Martinez Barrera *et al.* 2015) ou initiales (Calmettes, 2012), des études de cas ont été menées (Marlot & Morge 2012, 2015 ; Jameau & Boilevin, 2015). Il s'agissait de caractériser des situations d'enseignement par démarche d'investigation en regardant les dé-

³ Une situation problème doit être stimulante pour l'élève, le questionner car ses connaissances ne lui permettent pas de résoudre le problème d'emblée. Elle va faire émerger les conceptions des élèves, en s'appuyant cependant sur leurs pré-acquis.

terminants de l'action soit en utilisant les normes professionnelles à caractère doxique soit en utilisant la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) (Sensevy, 2011) et les « pedagogical content knowledge » (PCK) (Shulman, 1986). La démarche d'investigation et déjà avant elle les activités d'éveil à partir des années soixante-dix, comme nous l'avons vu précédemment, ont permis de passer d'une approche inductiviste pour l'enseignement des sciences (avec la leçon de chose) à une approche hypothético-déductive. Mathé *et al.* (2008) pointent que la démarche d'investigation « suppose un déplacement d'un point de vue transmission-application vers un cadre socioconstructiviste qui donne davantage de responsabilités aux élèves en termes de développement de démarches et d'élaboration de savoirs ». En effet, les élèves deviennent acteurs de la construction des savoirs et font preuve de plus d'initiatives. Mais la démarche d'investigation n'est pas si simple à faire vivre en classe. D'une part, les Instructions officielles peuvent en effet mener à différentes interprétations de la DI comme l'ont identifié Boilevin et Brand Pomarès (2011), et d'autre part, le fait que la plupart du temps les enseignants n'ont pas eu de formation sur cette démarche, la rend périlleuse pour certains d'entre eux, qui vont y voir une méthode chronophage ou encore une méthode remplie d'imprévus ce qui peut faire hésiter les enseignants à la mettre en place. Les enseignants éprouvent parfois une certaine insécurité face à ce type de pratique, ils ont le sentiment que la situation peut très vite leur échapper en partant dans des directions qu'ils n'ont pas prévues ou qu'ils ne souhaitent pas. Cet imprévu face aux propositions des élèves d'une part et dans le matériel nécessaire à la réalisation de ces propositions d'autre part rend les situations de classe trop incertaines pour certains enseignants. Pour pallier en partie ce problème, les enseignants mettent en place un mode de guidage plus ou moins fort afin de refermer l'investigation.

Dans la continuité de ces travaux et en nous inscrivant dans un cadre théorique différent, celui de la double approche didactique et ergonomique des pratiques (DADE), nous nous interrogeons sur la manière dont les enseignants s'emparent de cette démarche d'investigation pour laquelle différentes mises en œuvre sont possibles comme nous venons de le voir. Il s'agit également de regarder la différence qui existe entre la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite par l'institution et la DI « effective » c'est-à-dire telle qu'elle vit dans les classes. Dans cet article, nous nous penchons sur une étude de cas dans laquelle nous étudions les pratiques d'une enseignante de CM1 lors d'une séance ordinaire de sciences de type démarche d'investigation autour d'une notion précise, la miscibilité. Il s'agit de caractériser les choix réalisés par l'enseignante pour l'enseignement des sciences utilisant la DI, ainsi que leur potentiel en termes d'apprentissage, et d'identifier l'influence de certains déterminants sur ces choix. D'autres études de cas nous permettront par la suite de repérer des régularités et des variations, et ainsi d'identifier les contraintes qui pèsent sur les enseignants et les marges de manœuvre dont ils disposent.

CADRE THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE

La double approche didactique et ergonomique des pratiques (DADE) (Robert & Rogalski, 2002 ; Robert, 2008) a été développée pour l'étude des pratiques des enseignants de mathématiques du secondaire. Récemment, plusieurs chercheurs ont proposé des adaptations de ce cadre d'une part pour étudier les pratiques des enseignants du primaire (Peltier *et al.*, 2004 ; Charles-Pézar, 2010 ;

Molvinger *et al.*, 2017), et d'autre part pour étudier les pratiques d'enseignants de chimie dans le secondaire (Kermen & Barroso, 2013).

L'hypothèse essentielle est que les pratiques des enseignants ont une influence sur les apprentissages potentiels des élèves *via* les activités qu'elles provoquent, notamment par le choix des tâches proposées aux élèves. On entend par pratiques des enseignants tout ce que l'enseignant met en œuvre pour parvenir au but qu'il s'est fixé (enseigner tels contenus à tels élèves) pendant la classe mais également avant et après la classe : son discours, ses traces écrites, les activités qu'il propose aux élèves, ses décisions. Les pratiques de l'enseignant dépendent bien évidemment de la préparation qu'il a faite de sa séance mais aussi de son expérience, de son histoire personnelle, de sa formation, de ses connaissances, de son état psychique du moment mais également de ses élèves (leurs connaissances, leur motivation du moment), de l'établissement dans lequel il exerce et des Instructions officielles. La double approche permet d'étudier les logiques d'action des enseignants et notamment les déterminants des pratiques. Elle postule que les pratiques d'un enseignant sont influencées non seulement par ses objectifs d'apprentissages pour les élèves (le versant didactique), mais aussi par le fait qu'il est un professionnel exerçant un métier, avec les ressources et les contraintes que cela suppose (le versant ergonomique). L'hypothèse majeure est que ce deuxième versant influe aussi sur les choix de contenus et de gestion de l'enseignant.

Par ailleurs, on fait l'hypothèse que les pratiques des enseignants sont cohérentes, c'est-à-dire que les choix qu'ils font (lors de la préparation de leur séance, et de l'ensemble du déroulement) ne sont pas indépendants, qu'il y a une unité derrière ces choix. Enfin, on considère que les pratiques sont en partie stables dans des conditions ordinaires et sans intervention particulière (introduction d'un nouveau programme, inspection) : ils existent des lignes d'action, une régularité, la plupart des choix des enseignants sont constants pour une période donnée.

La double approche propose une méthodologie pour étudier les pratiques des enseignants à partir d'observation en classe, en prenant en compte cinq composantes, non indépendantes (Robert, 2008) :

- la composante personnelle regroupe tout ce qui est propre à l'enseignant (âge, formation, conceptions et connaissances de sa discipline et de son enseignement, expérience, etc.). Ces renseignements permettent de mieux comprendre ce qu'il fait, ce qu'il ne fait pas, ce qu'il aurait voulu faire, ses adaptations, ses improvisations, ses doutes... Par exemple, dans notre cas, l'enseignante que nous suivons n'est pas scientifique et enseigne en primaire. Nous savons que les enseignants du premier degré ont une formation pluridisciplinaire et n'ont pas forcément d'affinités pour toutes les matières qu'ils enseignent ;

- la composante sociale intègre les facteurs liés à la composition sociale de l'établissement et des classes, les collègues... ;

- la composante institutionnelle inclut les contraintes liées à l'institution (les programmes, les horaires,...). Ici cette composante va particulièrement nous intéresser puisqu'il est préconisé, dans les instructions officielles, d'utiliser lors des séquences de sciences la démarche d'investigation ;

- la composante cognitive comprend ce qui a trait aux contenus d'enseignement (le choix des exercices, le texte de la leçon,...) ;

- enfin, la composante médiative concerne les choix que fait l'enseignant dans la gestion de la classe (part respective du travail individuel et du travail collectif, temps laissé à la recherche, gestion du temps,...) et le discours qu'il tient (tout particulièrement les aides au travail des élèves, leur fréquence, le moment où elles interviennent).

Cette décomposition est faite pour les besoins de la description, mais, dans les pratiques, ces composantes sont imbriquées et il est nécessaire de les recomposer pour apprécier le travail d'un enseignant.

Du point de vue méthodologique, ce sont les activités des élèves en classe qui sont au cœur des analyses (Robert, 2008 ; Chesnais, 2009). Elles constituent en effet l'intermédiaire entre les pratiques des enseignants – dont elles résultent – et les apprentissages des élèves – dont elles sont les déclencheurs. Les analyses sont donc guidées par la recherche de la caractérisation des activités possibles des élèves, à partir de ce qui est proposé par l'enseignant et des traces observables des activités en classe. Les séances observées sont analysées, d'une part en reconstituant le scénario, c'est-à-dire l'enchaînement des tâches et l'organisation de la classe prévus par l'enseignant ; d'autre part, en analysant le déroulement, c'est-à-dire la mise en œuvre du scénario dans la classe.

L'analyse *a priori* du scénario exige de convertir la consigne donnée par l'enseignant en tâches pour les élèves, puis l'analyse de ces dernières d'un point de vue didactique pour déterminer les activités qu'elles sont susceptibles de provoquer chez les élèves, en décrivant les procédures de résolutions possibles, les connaissances mobilisées par les élèves ainsi que les conceptions erronées qui peuvent survenir. Cette analyse *a priori* des tâches permet de réaliser une première prévision de l'ensemble des activités qu'elles sont susceptibles de provoquer chez les élèves (Robert, 2008 ; Chesnais, 2009).

L'analyse du déroulement, réalisée à partir de vidéos de séances de classe, le plus souvent transcrites, est guidée par la recherche des traces des activités effectives des élèves ainsi que de ce qui peut influencer sur celles-ci. Selon la finesse des analyses des interprétations partielles des pratiques enseignantes à des niveaux différents sont permises. Nous procédons tout d'abord à un découpage chronologique des séances en épisodes selon la nature du travail. Puis nous considérons notamment les temps et formes de travail (individuel, en petit groupe, collective en classe entière...) en fonction des contenus, les échanges verbaux, les aides produites par l'enseignant, etc. Les analyses ne permettent de déterminer que des activités possibles, inférées à partir de nos hypothèses et des traces des activités effectives. En effet, les activités effectives elles-mêmes ne sont pas à notre portée, non seulement parce qu'elles sont différentes pour chaque élève et que notre méthodologie de recueil de données ne nous permet pas d'apprécier les activités individuelles, mais aussi parce qu'une partie de ces activités est de toutes façons inobservable, se déroulant « dans les têtes » (Chesnais, 2009).

En utilisant ce cadre théorique et cette méthodologie, nous allons analyser une séance de science menée à l'école primaire. La question de recherche est de savoir si l'enseignante utilise la démarche d'investigation lors de sa séance de science et si oui comment, en regardant essentiellement les écarts qui existent entre la démarche d'investigation « institutionnelle » et la DI « effective ». Le cadre de la double approche nous permettrait de voir comment son expérience personnelle et le milieu dans lequel elle enseigne influencent ses choix et comment l'institution pèse sur son enseignement.

En nous inscrivant dans ce cadre théorique, nous analysons maintenant les pratiques d'Hortense, enseignante de CM1, dans un établissement ordinaire, lors d'une séance de sciences sur les mélanges et plus précisément sur la miscibilité de l'eau avec d'autres liquides. Le mélange de deux liquides peut conduire à une phase homogène ou à deux phases, dans ce dernier cas, les liquides se superposent dans un ordre donné, et l'explication de ce phénomène mobilise la notion de masse volumique. Le choix de ce thème n'est pas anodin car en étudiant les pro-

grammes français de l'école et du collège, une incohérence nous est apparue. En effet, alors que la notion de masse volumique n'est pas mentionnée dans les programmes de l'école et du collège, elle apparaît dans le socle commun des connaissances et des compétences (MEN, 2006). De plus, cette notion peut en faire intervenir d'autres, à savoir la masse et le volume qui sont, eux, aux programmes de l'école. Il nous a semblé intéressant d'étudier la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe sur la miscibilité où les notions de masse volumique, de masse et de volume peuvent émerger et de s'interroger par conséquent sur les pratiques des enseignants. On peut se demander alors quelle est la position des enseignants face à cette situation où des notions qui n'ont pas le même statut (au programme ou hors programme) apparaissent.

ANALYSE DU CONTENU

Les notions

Commençons par présenter le concept de miscibilité. Le Larousse donne comme définition de miscibilité : « que l'on peut mêler à un autre corps, pour former un tout homogène ». Nous nous limiterons ici au cas des liquides. Si les liquides sont miscibles, le mélange obtenu est homogène, il ne forme qu'une seule phase. Inversement, les liquides sont non-miscibles s'ils ne peuvent pas se mélanger, le mélange obtenu est hétérogène, on observe en général plusieurs phases. Le liquide de densité (ou de masse volumique) plus faible sera placé au-dessus de l'autre (c'est le cas de l'eau et de l'huile).

En ce qui concerne la masse volumique. Ce concept permet d'expliquer des phénomènes de la vie quotidienne : un glaçon qui flotte dans un verre de sirop, une bouteille remplie à ras bord et bouchée mise au congélateur qui explose, le gazole flottant sur la mer lors d'une marée noire... La masse volumique est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume. Elle est notée ρ . Elle est déterminée par le rapport $\rho = m/V$, où m est la masse du matériau occupant un volume V . En général, les valeurs des masses volumiques sont données à température et pression ambiantes (25 °C, 1 bar). La masse volumique est ainsi définie comme une propriété d'un matériau et pas d'un objet contrairement à la masse et au volume. Dès l'école cette notion, traitée dans la partie « la matière » en sciences expérimentales et technologie, est présente lors de l'étude des mélanges et des solutions, des changements d'état.

Les notions de miscibilité et de masse volumique sont liées entre elles mais différents cas sont possibles : deux liquides peuvent avoir des masses volumiques différentes et être miscibles (c'est le cas du mélange eau/éthanol) et inversement deux liquides qui ont des masses volumiques proches (hexadécane/éthanol) peuvent ne pas être miscibles.

On appelle émulsions des systèmes formés par la dispersion de fines gouttelettes (appelée phase dispersée) d'un liquide dans un autre (appelée phase continue). Les deux liquides sont supposés être des phases à l'équilibre thermodynamique, par exemple une solution aqueuse et une solution huileuse. Ces systèmes sont caractérisés par la présence d'interfaces. Ces interfaces entre deux liquides sont généralement occupées par des molécules amphiphiles, qui sont en équilibre avec les phases dispersée et continue. Nous ne rentrerons pas ici dans les détails des propriétés physiques des émulsions notamment l'aspect thermodynamique, juste préciser que les émulsions sont des systèmes hors d'équilibre (car les deux

phases ont une tension interfaciale et l'état d'équilibre correspond à une aire d'interface minimale donc à la séparation des deux phases).

La plupart des liquides étant non-miscibles, les émulsions sont des systèmes très courants. Voici quelques exemples pris dans le domaine alimentaire. Le lait est une émulsion dont la phase continue est une solution aqueuse de sucres et la phase dispersée est formée de globules de graisse, tandis que les amphiphiles sont des protéines (caséine). Les boissons chocolatées sont également des émulsions de graisses dans une phase aqueuse. Les sauces pour salades et les mayonnaises sont des émulsions dont la phase dispersée est une huile et la phase continue une solution aqueuse. Pour la vinaigrette, on introduit les grains de moutarde (qui contiennent des phospholipides, molécules amphiphiles) dans le vinaigre et on ajoute une quantité double d'huile. L'émulsion obtenue est formée de gouttes de vinaigre dispersées dans l'huile, et recouvertes par les grains de moutarde. Elle est fluide car les gouttes sont séparées par une grande quantité de phase continue. Inversement, lorsqu'on fabrique une mayonnaise, on disperse un jaune d'œuf (qui contient des lipides) dans du vinaigre. On obtient ainsi une émulsion de lipides dans une phase continue aqueuse. Ensuite on ajoute progressivement l'huile qui gonfle les gouttes de lipide. On obtient ainsi une émulsion d'huile dans une phase aqueuse. Cette émulsion ne coule pas car chaque goutte est coincée par les gouttes voisines. Si on ajoute trop d'huile l'émulsion coalesce, la mayonnaise est ratée.

Les instructions et les manuels scolaires

Nous regardons ici comment ces deux notions sont traitées dans les manuels scolaires. Notons que dans les programmes antérieurs à 1985, la masse volumique pouvait être abordée à l'école dans ce qui était nommé à l'époque « l'éveil » et elle était également au programme de 5^e. Si on étudie par exemple, l'évolution du manuel Bordas de 1995 à nos jours pour le cycle 3, on observe la disparition de la notion de masse volumique lors de l'étude des mélanges :

« Certains liquides sont solubles l'un dans l'autre. On dit qu'ils sont miscibles entre eux. Ils forment, après agitation, un mélange limpide. D'autres liquides ne sont pas miscibles et donnent un mélange trouble appelé émulsion. Si on laisse reposer le mélange, les deux liquides se séparent. Quand des liquides se superposent, le plus léger (à volume égal) se trouve au-dessus »

(Bordas, 1995 et 2002)

La mention « à volume égal » renvoie à la notion de masse volumique même si cette dernière n'est pas exprimée explicitement. Elle disparaît complètement en 2008 :

*« Quand on verse ensemble certains liquides dans un récipient, on en observe un seul après agitation. Ces liquides sont **miscibles**. Le mélange est **homogène**. D'autres liquides ne sont pas miscibles et donnent un mélange trouble appelé **émulsion** quand on agite. Si on laisse reposer (**décanner**), les deux liquides non miscibles se séparent. »*

(Bordas, 2008)

Cette dernière édition se focalise uniquement sur le vocabulaire dédié aux mélanges et aux solutions n'expliquant plus la superposition des liquides contrairement à celles de 1995 et 2002. En 5^e, la notion de masse volumique est seulement évoquée dans des exercices sur les mélanges comme à l'école. Certains manuels, comme le Hatier, évoquent aussi la densité en classe de 5^e, dans des parties hors programme, intitulées par exemple « pour aller plus loin ». La notion de masse volumique, présente dans le socle, n'apparaît pratiquement plus dans les

manuels scolaires. Il est important de remarquer que dans les programmes en vigueur à la rentrée 2016, la masse volumique est mentionnée :

« - Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer une masse volumique d'un liquide ou d'un solide.

- Exploiter des mesures de masse volumique pour différencier des espèces chimiques.

- Masse volumique : Relation $m = \rho \cdot V$ »

(MEN, 2015)

Les difficultés des élèves

Une difficulté relève du vocabulaire. Revenons sur le terme « mélanger ». La définition donnée par le Larousse est la suivante : « mêler des choses, les combiner, les incorporer les unes avec les autres pour former un tout, un ensemble : mélanger des couleurs. » Le terme « mélange » est utilisé à la fois lorsque les liquides sont miscibles et à la fois quand ils ne le sont pas ; on va dire qu'on « mélange » de l'eau et de l'huile alors que ces deux liquides « ne se mélangent pas » au sens de la physique, ils ne sont pas miscibles. L'ambiguïté de ce terme peut entraîner des difficultés de compréhension auprès des élèves.

Peu de recherches se sont penchées sur la construction de la notion de masse volumique chez les enfants. Piaget et Inhelder (1941) considèrent que les enfants sont capables de dissocier masse et volume quand ils comprennent que lorsqu'on immerge deux objets de volume identique et de masse différente dans un même récipient rempli d'eau, la variation du niveau de l'eau ne dépend pas de la masse. Smith (1985) considère que l'on peut reconnaître les prémisses d'un raisonnement en termes de masse volumique notamment en prenant en considération la matière pour estimer la masse d'un objet. Smith *et al.* (1992, 1997) montrent cependant que la masse volumique demeure une notion très complexe même au début du lycée où les élèves ont toujours des difficultés à différencier masse et masse volumique. Par ailleurs, d'autres chercheurs ont mis en évidence les difficultés des élèves à raisonner sur plusieurs variables. Par exemple, Viennot (1992) montre que bien que les élèves manipulent en physique des relations impliquant deux grandeurs ou plus, c'est essentiellement comme moyen de calcul et elle pointe que « l'idée de dépendance fonctionnelle à plusieurs variables est peu travaillée ». Elle souligne qu'il s'agit d'une tendance naturelle de raisonnement :

« On sait bien, par ailleurs, que déjà les enfants ont une grande inclination vers une pratique réductrice de ce point de vue. Ainsi une relation telle que celle qui lie distance parcourue, vitesse et durée de parcours donne fréquemment lieu à ces énoncés : "plus vite, donc plus loin", "plus vite donc moins de temps", qui figent, ou plutôt ignorent, la troisième variable (Bovet *et al.*, 1967 ; Crépault, 1981) ».

Dans un travail récent, nous avons montré les difficultés d'une enseignante en ZEP à construire une trace écrite lorsque trois variables sont en jeu (Molvinger *et al.*, 2017).

ÉTUDE DES PRATIQUES D'HORTENSE

Présentation du contexte

La classe de CM1 filmée est située dans une grande ville française, dans un établissement ordinaire. La classe comporte 27 élèves (17 garçons et 10 filles) issus d'univers sociaux très différents, il n'y a pas de redoublant, un élève a une année de retard et un élève a une année d'avance. L'enseignante, Hortense (39 ans),

est une enseignante expérimentée (12 ans d'ancienneté). Elle a exercé les années précédentes en ZEP. Elle a une formation littéraire et pratique l'allemand dans l'école, en décloisonnement. Elle qualifie la classe d'agréable malgré la présence de trois élèves très perturbateurs. Pour elle, le niveau de la classe est plutôt bon.

Le corpus est constitué de vidéos et de traces d'élèves lors des activités. La vidéo de la séance sur les mélanges (eau + autre liquide) a été retranscrite. Le nombre de séances dans la séquence d'Hortense est de 5, la première est consacrée au mélange liquide + eau, la deuxième porte sur les mélanges solide + eau, la troisième sur la saturation et les deux dernières sur comment séparer les constituants d'un mélange. Nous analysons ici la première séance d'Hortense.

Synopsis de la séance

La séance (1 heure) commence par la lecture par une élève de trois questions notées au tableau :

- Q1 : Quel mélange connaissez-vous ?
- Q2 : Avez-vous déjà fait des mélanges ?
- Q3 : Est-ce que tous les liquides se mélangent ?

L'enseignante donne 5 minutes aux élèves pour répondre par binôme sur leur cahier de brouillon à ces questions (1^{ère} activité). Elle leur demande de ne pas regarder le matériel (bouteilles, pot de yaourt en verre) qui se trouve sur une table au fond de la classe. Hortense, par faute de place, est obligé de mettre deux élèves sur la table où est disposé le matériel. La mise en commun de cette première activité dure 13 minutes, elle recueille et note au tableau toutes les propositions des élèves pour les trois questions.

Hortense annonce l'objectif de la séance qui porte sur les mélanges (eau + autre liquide). Avant de passer aux expériences, les élèves font un travail de recherche en groupe de 4 où chaque groupe doit prédire ce qui se passe lors du mélange (eau + autre liquide) en faisant un schéma (2^e activité). Hortense écrit les différents mélanges que les 8 groupes vont faire (4 mélanges différents). Le travail en groupe dure 7 minutes 30. La mise en commun dure plus d'un quart d'heure ; les groupes passent au tableau et expliquent leur prévision en affichant leur schéma. Ensuite, les élèves font les expériences qui durent à peine 3 minutes (3^e activité). Ils dessinent le résultat de leur expérience (1 minutes 30) (4^e activité). Elle conclut en donnant le vocabulaire que la séance doit faire émerger (3 minutes). Un tableau du descriptif minuté est donné en annexe I.

Analysons maintenant les activités principales de cette séance.

Analyse a priori

1^{ère} activité

- Q1 : Quel mélange connaissez-vous ?

Soit les élèves ont conscience d'être en cours de sciences et par conséquent réfléchissent à la question en pensant à des mélanges que l'on peut évoquer lors d'une séance de sciences. Mais il est peut-être difficile pour eux, vu les sciences qu'ils ont faites dans leur jeune scolarité, de répondre à cette question, et par conséquent, ils peuvent ne pas savoir que répondre se demandant ce qu'attend l'enseignante comme réponse.

Soit ils ont déjà fait ce genre de séquence au cours de leur cursus scolaire, et savent qu'il va y être question de mélange de liquides ou d'eau avec des solides.

Soit ils réfléchissent à ce qu'ils peuvent mélanger dans la vie de tous les jours. Dans ce cas-là, les recettes de cuisine peuvent être évoquées (cocktails, sau-

ces, pâte de gâteau,...) ainsi que des jeux auxquels ils ont pu jouer (pâte à modeler, peinture...). Les concepts quotidiens peuvent émerger lors de cette question.

• Q2 : Avez-vous déjà fait des mélanges ?

Cette question fermée fait suite à la précédente. Les élèves doivent répondre par oui ou non, mais pour ce faire, ils doivent avoir en tête un mélange qu'ils ont pu faire eux-mêmes, que ce soit chez eux ou à l'école.

Comme pour la question précédente, si l'élève se focalise sur une situation réalisée en classe, donc sur un point de vue plus « scientifique », il risque de répondre « non » car il est peu probable qu'il ait manipulé des produits chimiques.

Si les élèves se réfèrent aux propositions relatives à la vie quotidienne ou au fait que ce chapitre du programme ait été traité dans une classe inférieure, les élèves peuvent répondre « oui ».

• Q3 : Est-ce que tous les liquides se mélangent ?

Dans cette question fermée, deux réponses peuvent être proposées, oui ou non. Notons l'ambiguïté de la question, qui nous renvoie à la complexité du terme « mélanger ». Dans le cas du « oui », soit les élèves ne savent pas qu'il existe des liquides qui ne se mélangent pas (dans le sens de non miscibles), soit ils peuvent comprendre la question différemment, comme par exemple qu'il est possible de mélanger des liquides, après ils sont miscibles ou pas, mais il est toujours possible d'essayer de les mélanger.

Dans le cas du « non », soit les élèves savent que certains liquides ne se mélangent pas, qu'ils ne sont pas miscibles, soit ils savent qu'il ne faut pas mélanger n'importe quels liquides ensemble car ça peut être dangereux.

Remarque : Les questions étant posées toutes en même temps et même si l'enseignante ne mentionne pas les liquides dans les deux premières questions, la troisième peut influencer les réponses des élèves qui peuvent se focaliser par conséquent sur les liquides pour répondre à l'ensemble des questions.

Analysons maintenant la deuxième activité.

2^e activité

« Vous allez schématiser sur une feuille avant même de faire ce mélange, ce qu'il va se passer selon vous quand vous allez faire le mélange. »

Les mélanges proposés sont :

Eau + grenadine

Eau + vinaigre

Eau + huile

Eau + jus d'orange

Les élèves, en groupe, vont dessiner sur une grande feuille leurs prévisions, avec plus ou moins de détails. On attend d'eux de montrer sur leurs dessins si les liquides se mélangent (1 seule phase) ou pas (2 phases). Le mélange final des deux liquides peut faire apparaître le changement de couleur qui peut s'opérer lors de la dilution dans l'eau pour les liquides miscibles. Ils peuvent aussi préciser comment ils mélangent leur solution (ordre d'introduction des liquides, est-ce qu'ils agitent...).

Dans les quatre cas proposés, trois « couples » sont miscibles (grenadine/vinaigre/jus d'orange + eau) ; les élèves devraient, en toute rigueur, pour ces cas-là, représenter le mélange dans une couleur plus claire pour tenir compte de la dilution. Le fait de travailler sur des liquides « comestibles », le goût peut être évoqué ; les élèves peuvent déclarer qu'après avoir été mélangé avec de l'eau, le jus

d'orange, par exemple, aura moins de goût qu'avant le mélange. Un seul couple de liquide ne se mélange pas, il s'agit de l'eau et de l'huile. Les deux liquides qui ne sont pas miscibles et qui ont des masses volumiques distinctes vont donc se superposer. Les élèves devront alors envisager celui qui sera au-dessus de l'autre, ce qui mobilise le concept de la masse volumique.

Cette activité correspond davantage à la recherche de prévisions qu'à une phase d'émission d'hypothèses qui sont ensuite validés ou invalidés par la phase d'investigation. En effet, les élèves ne peuvent s'appuyer sur aucun raisonnement pour trouver ce que deviendra les deux liquides une fois mélangés. Soit ils savent pour l'avoir déjà fait, soit ils répondront un peu au hasard, ce qui donne à la question plutôt un statut de devinette.

3^e activité

Il s'agit de la phase expérimentale qui ici permet de valider ou invalider les prévisions faites précédemment dans l'activité 2. Les élèves doivent introduire dans un récipient le couple de liquide (eau + grenadine/vinaigre/huile/jus d'orange) pour regarder s'ils sont miscibles ou non. L'utilisation d'un récipient transparent permet de mieux observer le phénomène, et l'emploi d'un agitateur (cuillère ou « touillette ») est nécessaire ; en effet la miscibilité s'apprécie lorsque, après avoir agité le mélange, les deux liquides forment une seule phase (ils sont miscibles) ou se séparent pour en former deux (ils ne sont pas miscibles). Par exemple, quand on introduit du sirop dans de l'eau, si on n'agite pas, les deux liquides restent séparés puisque leurs masses volumiques sont différentes alors qu'ils sont miscibles.

4^e activité

Il s'agit de dessiner le résultat de leur expérience. Les élèves doivent s'appuyer sur ce qu'ils observent de leur expérience.

Si l'on fait correspondre les différentes étapes de cette séance aux phases de la démarche d'investigation, on peut considérer que les premières questions (activité 1) correspondent à la mise en situation. La recherche sur ce qui se passe lorsqu'on mélange un liquide avec de l'eau (activité 2) peut être considérée comme la phase d'émission d'hypothèses (ici plutôt des prévisions). Elle peut être interprétée par les élèves comme un jeu de « devinettes » n'impliquant aucun raisonnement scientifique mais essentiellement des raisonnements fondés sur le quotidien ou des effets de contrat didactique (comme répondre « oui » à la deuxième question) (Brousseau, 1986). Les élèves peuvent aussi se limiter au vécu de la classe pour répondre aux questions, trouver des réponses qui correspondent à ce qu'ils ont pu déjà faire lors des cours de sciences. Les connaissances mobilisées ici sont des connaissances quotidiennes (l'élève peut savoir que lorsqu'il se prépare un sirop, l'eau et le sirop sont miscibles) et des connaissances sur la matière (miscibilité, masse volumique). On peut remarquer que ces questions peuvent amener les élèves à donner de nombreuses réponses très différentes les unes des autres, qui ne vont d'ailleurs pas toutes contribuer à construire le concept en jeu (la miscibilité des liquides) : par exemple le goût ne fait pas avancer le problème. La phase de manipulation (activité 3) peut être considérée comme l'étape d'investigation, permettant de valider ou d'invalider les prédictions. L'activité 4 permet d'institutionnaliser une partie des résultats de la séance.

Analyse du déroulement

Nous présentons l'analyse du déroulement, centrée sur les éléments saillants, en développant dans un premier temps l'analyse des activités des élèves, puis celle de l'activité de l'enseignante.

Activités des élèves

Pour la première tâche, les trois questions sont posées en même temps. Une élève lit les trois questions notées par Hortense au tableau :

Q1 : Quel mélange connaissez-vous ?

Q2 : Avez-vous déjà fait des mélanges ?

Q3 : Est-ce que tous les liquides se mélangent ?

Les élèves se mettent par deux pour répondre sur le cahier de brouillon à ces questions pendant 5 minutes.

Puis l'enseignante recueille les propositions des élèves pour les trois questions (13 minutes). Pour la première question (6 minutes), les élèves proposent des sauces (vinaigrette, kiasanbi⁴), des mélanges de liquides (diabolo : eau gazeuse + sirop ; différents sirops (grenadine, menthe) + eau ; lait + sirop de fraise ; coca + eau ; orangina + sirop), des mélanges de peinture (bleu et jaune).

La réponse à la deuxième question dure un peu moins de 3 minutes. Seul un élève répond qu'il n'a jamais fait de mélange. Cet élève se focalise peut-être sur les sciences et ne trouve pas de séance où il aurait fait des mélanges. L'enseignante lui fait remarquer qu'il a au moins mélangé des peintures en classe.

Pour la troisième question (2 minutes), un seul élève pense que tous les liquides se mélangent. Une autre élève a compris la question dans un autre sens, à savoir que tous les liquides ne se mélangent pas car il peut s'avérer dangereux de mélanger certains liquides entre eux ; cette interprétation peut être attribuée à l'ambiguïté du terme « mélanger », qui reste ici à la charge de l'élève.

H⁵ : oui ah donc toi tu as compris la question dans un autre sens c'est-à-dire Logane elle, bon Amine, Logane elle elle dit que tous les liquides ne se mélangent pas, pas dans le sens se mélanger mais dans le sens il vaut mieux ne pas les mélanger parce que ça peut être dangereux, tu as raison, ça c'est une chose mais ça ne répond pas à la question, la question c'est est-ce que quand, mais c'est une bonne remarque, est-ce que quand je les mets ensemble ils se mélangent.

On remarque que l'enseignante, à la fin de cet extrait, ne lève pas l'ambiguïté sur le terme « mélanger » ou n'a pas conscience de la complexité de ce mot.

Les autres élèves sont conscients que tous les liquides ne se mélangent pas. Un élève donne l'exemple du mélange eau + huile où l'huile flotte sur l'eau. Un autre décrit un objet que possède sa famille, qui a la forme d'un bateau et contient deux huiles de couleurs différentes qui ne se mélangent pas.

Les élèves passent à la deuxième activité : schématiser, par groupe de 3 ou 4 élèves, sur une feuille avant de faire le mélange, ce qui va se passer quand on mélange l'eau avec un autre liquide⁶. Chaque groupe d'élèves reçoit un couple de

⁴ Sauce à base de crème et de wasabi, un condiment japonais.

⁵ H désigne Hortense et les autres lettres différents élèves.

⁶ Pour rappel, les mélanges sont : eau + grenadine ; eau + vinaigre ; eau + jus d'orange ; eau + huile. Il y a 4 couples de liquides et 8 groupes d'élèves. Donc deux groupes travaillent sur le même couple

liquide. Le travail en groupe dure 7 minutes 30. Pendant cette recherche, l'enseignante ne donne aucune indication aux élèves.

La mise en commun dure plus d'un quart d'heure. Chaque groupe passe au tableau, affiche sa feuille au tableau et un des élèves du groupe commente le schéma qu'ils ont fait. Durant cette mise en commun, Hortense reformule, répète mais ne commente pas les réponses des élèves, ne reprend pas les éventuelles erreurs.

Les propositions des différents groupes sont présentées ci-dessous (leur explication et leur schéma).

1^{er} groupe eau + grenadine : les deux liquides se mélangent ; l'eau change de couleur, elle prend la couleur de la grenadine.

2^e groupe eau + grenadine : les deux liquides se mélangent. Le groupe précise, par rapport au premier, qu'il mélange les deux liquides avec une cuillère. L'eau prend la couleur de la grenadine (même couleur que le sirop pur, comme pour le premier groupe).

Pour les deux groupes, l'eau prend la couleur de la grenadine.

1^{er} groupe eau + vinaigre : *« ça fait du vinaigre car dans le vinaigre il y a déjà de l'eau, y aura une plus grande quantité d'eau donc on sentira moins le goût du vinaigre. »* Pour eux, les deux liquides se mélangent avec l'idée de dilution du vinaigre dans l'eau.

2^e groupe eau + vinaigre : *« ça s'est pas mélangé »*. Il mélange avec une cuillère mais les deux liquides restent séparés. L'eau est en haut et le vinaigre en bas.

Ici les groupes ne donnent pas les mêmes réponses. Le premier groupe prévoit que le mélange est homogène avec l'idée de dilution. Pour le deuxième groupe, les liquides ne sont pas miscibles.

1^{er} groupe eau + jus d'orange : les deux liquides se mélangent. L'eau change de couleur, elle prend la couleur du jus d'orange. Présence de bulles pour ces élèves.

2^e groupe eau + jus d'orange : les deux liquides se mélangent. Le jus d'orange sera plus clair et moins sucré. Ici le groupe évoque la concentration plus faible en jus d'orange après le mélange avec l'eau.

Pour les deux groupes, le mélange est homogène avec l'idée de dilution pour le deuxième.

1^{er} groupe eau + huile : l'huile sera en haut, et l'eau en bas.

2^e groupe eau + huile : même prévision que le groupe précédent.

Les élèves, qui ont étudié précédemment dans l'année la station d'épuration, remobilisent ici le fait que l'huile flotte sur l'eau. Ce n'est donc pas la première fois que les élèves sont confrontés au phénomène de flottaison de l'huile sur l'eau. Les élèves se souviennent de ce résultat, mais ils ne semblent pas être capables de donner une explication plus poussée faisant intervenir des densités.

Pour les expériences, les élèves restent dans les mêmes groupes que pour la recherche précédente, ils suivent les conseils de l'enseignante pour mélanger dans un pot de yaourt en verre, les deux liquides. Chaque élève réalise une tâche déterminée, celui qui va chercher l'eau, celui qui va chercher l'autre liquide, et celui qui remue (utilisation de pique à brochette ou de cuillère).

de liquides.

Ils dessinent enfin le schéma du résultat de leur expérience. Notons qu'un élève semble ne pas comprendre la tâche, il ne voit pas la différence avec la tâche de l'activité 2, celle des prévisions.

Activités de l'enseignante

Lors d'entretien avec l'enseignante, nous avons appris qu'Hortense fait des sciences régulièrement dans sa classe. Ainsi des habitudes de travail se sont installées comme par exemple travailler avec son voisin pour la première activité et ne pas recopier les questions afin de ne pas perdre de temps.

Elle ne veut pas que les élèves regardent sur la table au fond de la classe où sont disposés les liquides qu'elle a apportés pour les expériences (bouteilles, pots de yaourt en verre). L'enseignante ne veut pas que les élèves soient influencés dans leur réponse par ce qui est disposé sur la table, en effet la vue des bouteilles de liquides peut les orienter sur un type de mélange. Elle souhaite que les élèves donnent leurs propres conceptions sans être inspirés par quoi que ce soit. De plus, dans sa séquence elle ne parlera pas seulement de liquide puisque dans les séances suivantes, elle abordera les mélanges solides + eau. Il est probable que certains élèves ont vu le matériel sur la table lorsqu'ils sont entrés en classe puisque la porte de la classe est juste à côté de cette table et par conséquent ils risquent d'être influencés par ce qu'ils ont vu. De plus, bien qu'elle vient d'insister sur le fait qu'elle ne veut pas que les élèves regardent sur la table du fond, elle place deux élèves sur cette table. Nous reviendrons sur ce choix qu'elle a été obligée de faire plus loin.

Hortense ne répond pas aux questions des élèves car elle veut voir émerger leurs propres connaissances, « *là ce qui m'intéresse c'est ce que vous savez ou croyez savoir, donc si vous ne savez pas tout c'est normal puisque la séance n'a pas encore été faite* ». Pour elle, la leçon n'ayant pas été faite, il est normal que les élèves n'aient pas la bonne réponse ; en effet, pour certains enseignants, le recueil de conception lors d'une DI doit faire émerger les conceptions fausses, seule l'investigation permettra d'apporter les connaissances en validant ou invalidant les propositions. Il semble que pour elle, d'une part les élèves arrivent en classe essentiellement avec des conceptions erronées et d'autre part il semble que pour elle, il est peu probable que les élèves fassent des liens avec ce qu'ils ont vu plus tôt dans l'année ou dans les années antérieures. En effet, lorsqu'un élève répond à la troisième question que l'huile et l'eau ne se mélangent pas, que l'huile flotte, elle va seulement répéter la phrase et va demander aux élèves de chercher le mot « liquide » dans le dictionnaire. Ils ont vu que l'huile restait sur l'eau sans se mélanger lors de l'étude de la station d'épuration, mais à ce moment de la séance, elle ne s'attendait pas à cette réponse qui ne correspond pas à ses attentes qui sont le recueil de conception. Les deux premières questions sont davantage personnelles, faisant appel à des concepts quotidiens même si elles peuvent aussi mobiliser des connaissances scientifiques. La troisième vise davantage le savoir en jeu, ici la miscibilité. Elle souhaite recueillir le maximum de conceptions d'élèves, elle notera d'ailleurs toutes les propositions des élèves au tableau « *qu'elles soient justes ou fausses* ». Dans ce but, lorsque les élèves posent des questions sur la tâche, elle apporte seulement à un élève des précisions sur le sens des questions. Cet élève demande si « *c'est obligé que ce soit dans des liquides* » ; notons qu'il s'agit d'un des deux élèves qui est à la table du fond, qui doit être influencé par les bouteilles qu'il voit.

À la fin de cette mise en commun, Hortense revient sur deux propositions pour les évacuer :

- le mélange de deux huiles de couleur différente dans un objet de décoration, ce mélange ne fait pas partie de ceux étudiés lors de la séance (ici liquides avec l'eau), elle les invite à vérifier ce phénomène ultérieurement ;

- celle des mélanges de peinture évoqués par un élève, Hortense précise que la gouache n'est pas toujours liquide, donc hors sujet ici, et qu'ils vérifieront plus tard.

Par contre, il est intéressant de noter qu'elle ne dit rien sur le phénomène de flottaison de l'huile.

Lors de la mise en commun de la deuxième tâche, Hortense laisse les élèves s'exprimer, donner leurs prévisions. Toutefois, on peut faire deux remarques :

- Elle ne reprend pas les imprécisions que les élèves commettent. Elle ne relève pas, par exemple, l'emploi du mot « autre forme », ici utilisé incorrectement par l'élève pour noter le changement de couleur de l'eau lors du mélange « eau + grenadine » :

T : au début, l'eau elle change de couleur

H : c'est-à-dire

T : normalement elle est transparente et là elle est sous une autre forme

H : d'accord

- Elle ne reformule pas toujours ce que disent les élèves, même des propositions qui lui paraissent, comme elle le dit, intéressantes. Un groupe, par exemple, évoque, sans la nommer, la dilution, le changement de concentration lorsqu'on mélange le vinaigre à de l'eau. L'enseignante note que l'idée est intéressante mais ne la reformule pas ni même ne la répète. Elle va d'ailleurs enchaîner sur un point très différent.

Cl : en fait l'eau, quand on mélange de l'eau et du vinaigre et bien ça fait du vinaigre parce que dans le vinaigre y a de l'eau, y a déjà de l'eau. Donc quand on va mélanger c'est que, y va y avoir une plus grande quantité d'eau et on va moins sentir le goût.

H : alors l'idée est très intéressante, ce que tu viens de nous dire, Antonin tu dis non euh on va pas goûter l'eau vinaigrée mais pourquoi pas à la limite c'est pas très grave, le vinaigre c'est pas toxique, chut, quoi qu'il en soit, y a quand même, alors l'idée est intéressante, l'explication est intéressante, par contre est-ce que vous avez un commentaire à faire sur leur schéma ? Vous êtes en train de de [...], qu'est-ce qu'on est en train de faire-là, j'ai pas entendu

E : des sciences

H : des sciences, or les sciences quand même qu'est-ce que c'est censé représenter

J : mais c'est pas ça, c'est que l'eau et le vinaigre c'est vert

H : justement c'est bien la question que je pose, les sciences c'est censé normalement, Noémie

N : faire des mélanges

H : oui mais on est censé représenter au maximum quoi, Antonin

A : au maximum ce qu'on a voulu faire

H : c'est-à-dire

A : au maximum

H : la ré

A : la réponse

H : la réa

Es : la réalité

H : alors on a bien vu que (l'eau) était très difficile de la représenter, y a des choses qu'on ne peut pas tout à fait représenter en sciences, par exemple, y a des choses qu'on est obligé de couper pour voir à l'intérieur évidemment mais là, par contre, on s'éloigne vraiment.

Cet échange montre que l'enseignante s'empare d'un autre enjeu de savoir, celui de la représentation en sciences avec la notion de schéma. On constate que comme précédemment, alors que les élèves abordent une connaissance scientifique (masse volumique⁷, dilution), elle les oriente sur d'autres enjeux du savoir (chercher dans le dictionnaire, notion de schéma).

Pour le mélange « eau + huile », les groupes ont dessiné des mélanges non miscibles avec l'huile au-dessus de l'eau. Hortense semble très surprise que les élèves puissent donner une telle représentation.

Cl : ben on a fait de l'huile plus de l'eau et on l'a mis dans un verre et on a vu que l'eau, que l'huile restait à la surface et que l'eau allait en bas

H : comment vous le savez ça

Clémence reste sans voix

E : parce que l'eau, parce que l'huile elle est plus légère

H : comment vous le savez ça

E : à un moment parce qu'on l'avait dit en classe

H : parce que je l'ai déjà dit, c'est un peu ça le problème, oui mais je sais je l'ai déjà dit mais c'était dans un autre contexte

E : pour déshuiler

H : ah oui c'était par rapport à la station d'épuration, donc là ça fausse un petit peu la prise de représentation puisque normalement si vous n'avez pas fait l'expérience auparavant et si personne ne vous l'a dit, en théorie vous ne devriez pas le savoir, maintenant c'est vrai que par rapport à la station d'épuration on a vu que, au moment du déshuilage, les huiles flottent à la surface.

Cet extrait montre deux choses. D'une part, Hortense pensait que les élèves n'avaient pas pu construire cette connaissance (le phénomène de flottaison de l'huile) auparavant lors de l'étude de la station d'épuration, qui devait, pour elle, avoir des objectifs différents. En fait on retrouve dans ces deux séances la même notion sous-jacente, la masse volumique avec le phénomène de l'huile qui flotte sur l'eau et par conséquent la non-miscibilité. On voit d'ailleurs que Clémence n'explique pas pourquoi l'huile flotte mais a bien fait le lien entre les deux séances, et sait ce qu'elle va observer quand elle va mélanger l'eau et l'huile. Un autre élève donne une explication qui n'est d'ailleurs pas correcte : « l'huile est plus légère » n'a pas de sens, on ne peut pas dire qu'une matière est légère, la notion de masse et non celle de matière devrait être ici mobilisée, de plus l'emploi du comparatif devrait être suivi d'une autre matière. D'autre part, elle trouve que le fait que les élèves mobilisent une notion vue dans un autre contexte fausse la prise de représentation. Elle ne semble pas attendre une réponse aussi explicite en début de séance. Hortense semble faire partie de ces enseignants qui veulent suivre une démarche d'investigation étape par étape, ici elle est en train de faire émerger les conceptions et ne s'attend donc pas à avoir déjà les réponses avant d'avoir fait l'investigation. Par conséquent ici la progression de sa DI est ébranlée, les élèves ayant déjà la réponse avant les investigations, pose la question de l'intérêt d'une DI.

L'autre groupe qui travaille aussi sur le couple huile/eau est arrivé à la même conclusion que le groupe précédent, ce qui conduit Hortense à remettre en cause l'ordre de ses séquences de sciences dans l'année.

⁷ Précédemment, elle a fait chercher dans le dictionnaire le mot liquide au lieu d'expliquer pourquoi l'huile flotte sur l'eau.

H : merci pour l'explication mais bon là je maintiens et je persiste à dire que c'est un petit peu faussé. Mais bon en même temps si on avait travaillé la station d'épuration après pour la suite des expériences ça aurait été plus embêtant aussi donc.

Au moment de commencer les expériences, il ne reste plus beaucoup de temps. Hortense va donner les instructions et les conseils (3 minutes) de manière technique (les pots sont transparents pour voir facilement le mélange, un seul élève par groupe vient chercher l'eau et l'autre liquide) et très concrète en faisant référence à des contraintes du quotidien (les élèves ne doivent pas mettre de grosses quantités de liquides sinon elle ne pourra plus cuisiner chez elle ou donner à boire à ses enfants).

H : alors il ne vous reste que peu de temps donc il va falloir être efficace et raisonnable. Euh j'ai mis des bocaux en verre au fond de la classe pourquoi, tout simplement pas pour que vous les remplissiez

Lisa : pour faire les expériences qu'on a testé, par exemple, jus d'orange + eau, sirop + eau, et

H : et pourquoi est-ce que je n'ai pas mis des gobelets en plastique

Notons qu'au début de cet extrait, Hortense ne prend pas en compte l'explication de Lisa sur l'intérêt de faire maintenant des expériences, expériences qui sont là pour valider ou invalider leurs hypothèses, ici plutôt vérifier leur prévision ; elle reste sur des explications d'ordre technique, elle explique les différentes raisons pour le choix du matériel et n'explique pas les objectifs de l'investigation.

Hortense constate qu'il ne lui reste pas beaucoup de temps pour les expériences (ces dernières durent à peine 3 minutes). À plusieurs reprises, Hortense précise qu'elle ne veut pas que les élèves goûtent à leur expérience. Elle veut les sensibiliser aux risques et dangers encourus lorsqu'on est en cours de sciences (même si cette séquence ne présente aucun risque vu qu'ils manipulent des produits comestibles).

H : De manière générale, certains plus que d'autres, puisque y en a qui s'amuse à faire des expériences à la maison, attention aux expériences quand même et faites attention de ne pas chut goûter toutes vos expériences bien parce que cela peut s'avérer dangereux.

Enfin, elle demande aux élèves de dessiner le résultat de leur expérience (ce qui prend 1 minute 30). Même s'il ne reste plus beaucoup de temps, elle veut que les élèves le fassent tant qu'ils ont leur expérience devant eux, même si le document sera complété ultérieurement par un titre et une institutionnalisation.

Elle souhaite également, bien que la sonnerie ait retenti, donner le vocabulaire que la séance fait émerger (miscible, non miscible, homogène, hétérogène) (3 minutes).

La trace écrite sera notée, par manque de temps, le lendemain, en dehors d'un cours de sciences. Sur cette trace écrite les 4 mélanges sont dessinés en couleur avec le tableau suivant :

	<i>Huile</i>	<i>Vinaigre</i>	<i>Sirop</i>	<i>Jus d'orange</i>
<i>Eau</i>	Non-miscibles	Miscibles	Miscibles	Miscibles

Il est noté :

« Certains liquides se mélangent : ils sont miscibles. Si après avoir mélangé, deux liquides restent distincts (eau + huile), on dit qu'ils sont non-miscibles. Si deux liquides

*LA MISE EN ŒUVRE D'UNE DÉMARCHE D'INVESTIGATION
À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE*

sont miscibles alors le mélange est homogène. Si deux liquides sont non-miscibles alors le mélange est hétérogène. »

Nous synthétisons ci-dessous sous forme de tableau l'étude des pratiques d'Hortense en mettant en parallèle l'analyse *a priori* et le déroulement effectif de la séance.

Activité		Phase DI	Analyse a priori	Déroulement	
				Élèves	Enseignante
Activité 1	Question 1 : Quel mélange connaissez-vous ?	Mise en situation	- Les élèves conscients d'être en cours de science peuvent évoquer des mélanges « scientifiques » mais cela peut être difficile vu leur jeune expérience en science, et par conséquent ils peuvent ne pas donner de réponse. - Les élèves peuvent donner des exemples de la vie quotidienne - S'ils ont déjà fait cette activité dans une classe antérieure, ils peuvent s'en souvenir.	Les élèves proposent des exemples de la vie quotidienne : des sauces, des mélanges de liquides, boissons	Elle ne veut pas que les élèves regardent le matériel qu'elle a apporté pour ne pas les influencer. Elle ne répond pas aux questions des élèves, veut voir leurs propres conceptions émerger. Elle note toutes les propositions des élèves.
	Question 2 : Avez-vous déjà fait des mélanges ?		Réponse « oui » s'ils en ont déjà fait. Réponse « non » s'ils en n'ont pas fait ou s'ils pensent que l'enseignante leur parle d'un cours de science qu'ils auraient déjà eu.	1 seul élève répond « non »	
	Question 3 : Est-ce que tous les liquides se mélangent ?		Réponse « oui » : - s'ils ne savent pas qu'il existe des liquides qui ne se mélangent pas - s'ils comprennent la question « on peut toujours essayer de les mélanger » (ambiguïté du terme mélanger) Réponse « non » : - s'ils savent qu'il existe des liquides qui ne se mélangent pas - s'ils pensent que ça peut être dangereux de mélanger certains liquides entre eux	1 seul élève pense que tous les liquides se mélangent. 1 seul élève pense qu'il est dangereux de mélanger certains liquides. Les autres répondent non, un élève donne l'exemple du mélange eau/l'huile où l'huile flotte sur l'eau.	L'enseignante ne lève pas l'ambiguïté qui existe sur le terme « mélanger ». Elle évacue deux propositions à la fin de la mise en commun. Aucune remarque sur le phénomène de flottaison de l'huile sur l'eau.

Activité 2		Phase d'émission d'hypothèses (ici prévisions)	Ils doivent dessiner leurs prévisions : soit une phase pour les liquides miscibles, soit deux phases pour les liquides non miscibles. Ils peuvent évoquer un changement de couleur (dilution). Ils peuvent évoquer l'ordre d'introduction des liquides. Ils peuvent agiter ou pas. Ils peuvent évoquer le goût (puisque mélanges comestibles).	Différentes prévisions selon les groupes : Eau + grenadine : Se mélangent Eau prend la couleur de la grenadine Utilisation d'une cuillère pour mélanger Eau + vinaigre : Se mélangent et idée de dilution pour un groupe Ne se mélangent pas pour l'autre groupe Eau + jus orange : Se mélangent Eau change de couleur Mélange plus clair et moins sucré Eau + huile : Ne se mélangent pas	Lors de la mise en commun l'enseignante : - ne reformule pas systématiquement - ne reprend pas les éventuelles erreurs - laisse les élèves s'exprimer - n'explique pas le phénomène de flottaison (huile/eau) bien que les élèves l'évoquent - elle préférerait que les élèves ne mobilisent pas le phénomène de flottaison avant cette leçon.
Activité 3		Investigation	Phase expérimentale où ils doivent mélanger deux liquides. Faut-il - agiter ? - attendre ?	Ils suivent les directives de l'enseignante pour faire les manipulations. Chaque élève du groupe a une tâche particulière à accomplir.	Elle donne des instructions très techniques. Elle sensibilise aux risques en sciences (ne pas goûter)
Activité 4		Institutionnalisation	Dessiner leurs expériences	Un élève ne comprend pas la différence avec l'activité 2.	Elle donne oralement le vocabulaire scientifique (miscible, non miscible, homogène, hétérogène).

Retour sur les objectifs de l'enseignante

Nous proposons dans cette partie une synthèse des objectifs de l'enseignante concernant la mise en place de sa séance de science utilisant la démarche d'investigation, en nous appuyant sur les différentes composantes de la DADE sachant que ces dernières sont imbriquées. Nous allons néanmoins essayer d'en recomposer certaines afin d'apprécier le travail de l'enseignante lors d'une séance mettant en jeu une DI.

En ce qui concerne les choix de contenus (composante cognitive), Hortense tente de mettre en place une séance s'inscrivant dans une démarche d'investigation, comme préconisée par l'institution. En effet les trois premières questions pourraient s'apparenter à la mise en situation, ensuite une phase d'émission d'hypothèses est proposée aux élèves où elle demande à chaque groupe de prévoir ce qui va se passer lorsqu'il mélange de l'eau à un autre liquide. Il s'agit ici plus de prévisions que d'hypothèses en fait. La démarche expérimentale qui suit est là pour valider ou invalider les prévisions sans qu'il y ait élaboration d'un protocole, puisque tout le matériel nécessaire est distribué aux élèves (récipients, cuillère...).

Certes, certaines consignes concernant le mode opératoire ne sont pas précisées par l'enseignante (est-ce qu'on mélange avec une cuillère par exemple), mais d'une part, des groupes l'ont évoqué lors de la mise en commun et d'autre part, des cuillères ou des « touillettes » sont distribuées ; est-ce qu'on verse doucement ou pas ; est-ce qu'on verse et on ne touche plus...). Du point de vue de la composante médiative, le travail en groupe est favorisé. Les écrits et les échanges sont aussi valorisés puisque les conceptions des élèves sont mises en commun, chaque groupe exposant au tableau ses idées. L'objectif de l'enseignante est de montrer que certains liquides se mélangent alors que d'autres non et pour cela la démarche d'investigation est assez fermée puisque très peu d'initiative est laissée à la charge des élèves.

Pour elle, il semble qu'une DI doit d'abord faire émerger les conceptions erronées des élèves, que l'investigation permettra d'invalider. Elle ne s'attend pas à ce que les élèves donnent des réponses correctes tant qu'elle n'a pas dispensé son cours et n'a pas envisagé qu'ils pouvaient mobiliser des connaissances vues dans une séquence précédente. Elle ne corrige pas les erreurs que les élèves peuvent dire lors des mises en commun lors des prévisions, peut-être pour ne pas couper la dynamique de la démarche d'investigation ou alors elle ne veut pas les corriger lors de cette étape, ne voulant pas interférer avec leur conception. On note cependant qu'elle ne corrige pas l'élève qui évoque la légèreté d'une matière, alors que, contrairement à la masse volumique, la notion de masse fait partie des programmes de l'école élémentaire. En fait, elle semble très au clair sur les différentes étapes de la démarche d'investigation qu'elle souhaite suivre. Ainsi lorsque des éléments perturbateurs s'immiscent dans le rouage de sa séance qu'elle a construite en termes de DI, elle les rejette, les évacue : qu'un élève évoque en début de séquence le fait que l'huile flotte sur l'eau par exemple la déstabilise dans la chronologie de sa séance, elle ne veut pas l'entendre à ce moment-là et ne modifie pas non plus ce qu'elle a prévu.

Il n'y a pas eu de réelle problématisation et d'investigations très poussées au sens de la démarche d'investigation. Cependant le but de la séance était de savoir quels couples de liquides sont miscibles. Les élèves ont pu observer que certains liquides sont miscibles et d'autres pas. Cependant cette séance pouvait faire émerger la notion de masse volumique, notamment avec les réponses des élèves lors des échanges sur le couple huile/eau. D'une part, la masse volumique n'est pas une notion simple, comme nous l'avons vu dans l'analyse du contenu, essentiellement dû au fait que trois variables varient simultanément et par conséquent son apprentissage n'est pas facile. D'autre part, le fait que les enseignants du premier degré ont à leur charge un panel de domaine à enseigner, ils ne sont pas experts dans tous ces domaines surtout lorsqu'il s'agit d'une notion en marge des programmes (mais pas du socle). Ainsi pour la masse volumique qui est sous entendue plusieurs fois pendant la séance, Hortense, qui n'a pas une formation en sciences, n'est peut-être pas assez sûre de ces connaissances pour la mobiliser pendant sa séance, surtout si elle ne l'avait pas anticipée. Par ailleurs, il n'y a pas de retour sur les hypothèses, peut-être par manque de temps ou parce que les hypothèses relèvent plus de prédictions, il est difficile d'y revenir dessus, à part pour dire qui avait fait les bonnes prévisions.

Hortense finit la séance rapidement en donnant oralement le vocabulaire (miscible, homogène, hétérogène), la trace écrite sera notée le lendemain, en de-

hors d'une séance de sciences. Ici l'enseignante a été prise par le temps⁸, ce qui est souvent le cas lors des séances de sciences si les élèves partent sur plusieurs pistes. Ici c'est plutôt l'enseignante qui a choisi de passer beaucoup de temps sur la première partie de la séance (mise en situation et prévision) (plus de 12 minutes). Elle prend également beaucoup de temps pour leur expliquer ce qu'ils doivent faire ainsi que dans l'organisation de la classe (en binômes, en groupe) (le quart de la séance, 16 minutes). Par conséquent, elle a manqué de temps pour les expériences et la conclusion. Un temps aurait été nécessaire, après les résultats des expériences, pour revenir sur les objectifs de la séance, sur les prévisions des élèves (cf. l'élève qui ne comprend pas pourquoi il faut refaire le schéma après l'expérience), et construire la trace écrite ensemble. Son objectif était de réaliser dans sa séance toutes les étapes d'une démarche d'investigation, ce qui renvoie à la littérature évoquée en introduction sur l'interprétation que se font les enseignants d'une DI.

Les instructions officielles mettent en exergue la transdisciplinarité. En leur faisant chercher le mot « liquide » dans le dictionnaire, elle veut peut-être lier les sciences à des objectifs transversaux. Notons que pour elle le dictionnaire est un élément essentiel à la classe puisque chaque élève possède son propre exemplaire et son utilisation est fréquente (lors d'une séance sur les contenances que nous avons observée, elle leur a fait chercher le mot capacité dans le dictionnaire).

Sa gestion de classe est très cadrée et les élèves semblent en avoir l'habitude (ils ont l'habitude de se mettre en binôme pour les recherches d'hypothèses, en petits groupes pour les expériences). Malgré la présence de deux ou trois élèves perturbateurs, les séances de sciences se déroulent correctement. Il faut noter qu'Hortense a enseigné les années précédentes en établissement d'éducation prioritaire et a l'habitude de gérer ce genre de situation. Revenons sur le fait qu'elle place deux élèves sur la table où se trouve le matériel qu'elle ne voulait pas qu'ils voient. Ici nous avons un exemple de contraintes qui peut se présenter lors d'une séance ; son organisation de la classe était prévue et au dernier moment elle est dans l'obligation de la changer, par manque de place, ce qui la conduit à « sacrifier » les conceptions de ces deux élèves, puisqu'ils risquent d'être influencés par le matériel.

Par ailleurs, on sent chez Hortense une volonté à sensibiliser ses élèves aux risques lors de séances de sciences :

« y en a qui s'amuse à faire des expériences à la maison, attention aux expériences quand même et faites attention de ne pas chut goûter toutes vos expériences bien parce que cela peut s'avérer dangereux », « on va pas goûter l'eau vinaigrée mais pourquoi pas à la limite c'est pas très grave, le vinaigre c'est pas toxique », « je préférerais qu'on évite de goûter eau + sirop ça va, eau + jus d'orange ça va mais y a des groupes eau + vinaigre ça passe encore mais eau + huile j'aimerais autant éviter voilà, c'est pas fameux l'huile comme ça ».

D'ailleurs elle clarifie les propos de l'élève qui dit qu'il peut être dangereux de mélanger certains liquides entre eux. Cette éducation à la sécurité peut faire partie des objectifs de l'enseignante.

Enfin, elle insiste davantage sur les aspects techniques, sur ce que les élèves doivent faire pendant les expériences, explique ses choix de matériel, elle fait référence à son quotidien. Cette attitude est caractéristique des enseignants de

⁸ Notons que cette enseignante est souvent prise par le temps, sa classe sort systématiquement la dernière de l'école (nous avons pu le constater pour avoir filmé plusieurs fois dans cette classe).

ZEP, qui se focalise plus sur les aspects techniques et concrets que notionnels (composante sociale).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cet article, nous avons regardé comment une enseignante met en œuvre une démarche d'investigation lors d'une séance de sciences sur la notion de miscibilité, en étudiant les choix qu'elle fait à la fois sur la manière dont elle enseigne les sciences (choix de suivre une DI) et sur la notion de miscibilité, en identifiant l'influence de certains déterminants sur ces choix.

Le choix du cadre de la double approche didactique et ergonomique des pratiques nous a permis de mieux comprendre les choix que fait une enseignante, en tenant compte à la fois du fait que son objectif est bien évidemment de faire apprendre ses élèves, mais tout en gardant à l'esprit qu'elle est une professionnelle exerçant un métier. Ce cadre nous permet de regarder l'activité de l'enseignante vis-à-vis des caractéristiques de la DI. Il s'agit ici d'une étude de cas qui nous éclaire sur les pratiques d'une enseignante. Dans la poursuite de ces travaux, le corpus doit être étendu afin d'étudier les régularités de ces dernières en analysant d'autres séquences de cette enseignante sur d'autres notions.

Tout d'abord, la séance semble obéir aux injonctions qui préconisent l'utilisation de la démarche d'investigation. En effet, l'enseignante conduit une séance de sciences qui correspond à la structure d'une démarche d'investigation avec mise en situation, hypothèse/recueil de conceptions avec mise en commun, expériences, conclusion. Hortense n'a pas une formation de scientifique (elle est littéraire), et on peut faire l'hypothèse qu'elle ne soit pas à l'aise avec les sciences mais elle fait quand même le choix d'en faire en classe et de les enseigner comme prescrites par l'institution, c'est-à-dire sous forme de démarche d'investigation. Cependant, elle la mène de manière très linéaire, étape par étape. Le problème dans ce cas est qu'on retrouve une démarche inductiviste, ce qui est en contradiction de la démarche constructiviste visée avec la démarche d'investigation.

Quelques détails vont cependant lui échapper. Tout d'abord elle se fait rattraper par le temps. Elle a passé beaucoup de temps sur les conceptions des élèves, leurs prévisions et n'a plus beaucoup de temps après les expériences pour revenir sur les résultats et sur la construction de la trace écrite qui est, en règle générale, trop souvent négligée par les enseignants lors des séances de sciences. En effet plusieurs recherches ont montré un réel bénéfice pour les élèves si la trace écrite est élaborée par la classe et non pas donnée toute faite en fin de séance (Verin, 1988 ; Jaubert & Rebière, 2001). Notons que son expérience en établissement en zone d'éducation prioritaire lui fait peut-être perdre du temps dans des explications basées sur le quotidien. La trace écrite, qu'elle donnera le lendemain de la séance, vise l'introduction d'un vocabulaire spécifique des mélanges (miscible, homogène, hétérogène...) comme mentionné dans les programmes. L'autre point qui lui échappe est le fait que les élèves connaissent le phénomène de flottaison de l'huile sur l'eau, ce qui la gêne dans la mise en œuvre de sa séance très linéaire. La séance sous forme de DI permet aux élèves de s'exprimer librement et donc de mobiliser des notions comme la masse volumique, et c'est un atout de cette démarche quand elle est menée par un enseignant qui maîtrise tous ces concepts. Ici dans notre étude de cas, Hortense n'étant pas scientifique semble dépassée et ne peut pas évacuer certaines conceptions ou hypothèses des élèves.

Les séances sur les mélanges se prêtent à l'introduction de la masse volumique notamment lors du mélange de deux liquides non miscibles et pourtant elle

ne s'empare pas de ces moments pour expliquer pourquoi l'huile flotte sur l'eau alors qu'à plusieurs reprises les élèves tentent de donner une explication. Peut-être, soit de par sa formation non scientifique, soit par manque de temps, soit parce qu'elle n'a pas prévu de le faire (et c'est un des risques de la DI⁹) elle n'ose pas « s'embarquer » dans une explication de cette notion qui est, de plus, très compliquée (Molvinger *et al.*, 2017). On peut aussi voir là le poids de l'institution sur sa pratique (enseigner les sciences par démarche d'investigation, masse volumique pas au programme bien qu'elle soit présente dans le socle). Par ailleurs, il n'est pas certain que cette séance de sciences nécessite une démarche d'investigation avec toutes les étapes du canevas. Il s'agit ici d'introduire le phénomène de miscibilité, les conceptions initiales des élèves se bornent à savoir si des liquides sont miscibles ou pas avec l'eau. C'est d'ailleurs peut-être pour cela qu'il n'y pas de réelle problématisation dans cette DI, problématisation généralement essentielle à une démarche d'investigation qui permet de donner du sens à la démarche et permet de guider les élèves tout au long de l'investigation.

On peut se questionner ici sur l'influence des instructions officielles sur les pratiques. En effet ces dernières incitent les enseignants à utiliser la démarche d'investigation lors des séances de sciences, DI qui semble très rigide lorsqu'on lit les programmes. Il semble que les enseignants n'aient pas assez de recul et pas assez de formation sur cette démarche et paraissent, par conséquent, en être prisonnier, notamment s'ils ne sont pas scientifiques. En effet, on constate, au travers de cette étude de cas, les dérives que peuvent engendrer l'enseignement par DI du fait de sa complexité. Tout d'abord, il est clair que certaines notions ne nécessitent peut-être pas une telle démarche, ou en tout cas que certaines étapes ne sont pas obligatoires, comme le précisent les programmes. Mais il semble qu'il y ait ici un paradoxe qui peut gêner la mise en place d'une DI par les enseignants : face au canevas de la DI, canevas qui semble très rigide, il est dit, comme nous l'avons vu dans l'introduction, que certaines étapes ne sont pas obligatoires. Cette position peut paraître assez ambiguë pour les enseignants. Des allers-retours entre les différentes étapes de la DI sont essentiels, comme par exemple revenir sur les conceptions initiales des élèves une fois que la notion visée a été construite afin que l'élève perçoive les différences entre ce qu'il pensait au début de la séance et ce qui a été admis par la classe après l'investigation. Ces allers-retours semblent être assez absents au profit d'une démarche très linéaire, comme nous le voyons ici et dans d'autres études non publiées à ce jour. Par ailleurs, Michèle Prieur (2013) montre le manque d'explicitations quelle que soit la discipline (SPC, SVT, technologie, mathématiques) dans les programmes du collège de 2008. Elle pointe que pour « certaines questions [...] les réponses restent à la charge des enseignants » et pose la question de savoir si tous les « sujets [ne] se prêtent [pas] à la mise en œuvre d'une DI ». Les instructions officielles sont très directives mais pas assez explicites dans la mise en œuvre en classe d'une DI. Un autre point est qu'à notre connaissance, peu de travaux se sont intéressés à l'évaluation. À notre avis, la recherche pourrait développer des outils d'évaluation pour permettre aux enseignants de n'évaluer pas seulement les procédures mais également les notions. Il ne faudrait pas en effet que le canevas de la DI soit davantage évalué que les notions abordées pendant les séances. L'un des objectifs est tout de même l'apprentissage

⁹ Les enseignants éprouvent une certaine réticence à mettre en œuvre la démarche d'investigation car les recueils de conception peuvent emmener les enseignants dans des domaines dans lesquels ils ne sont pas forcément à l'aise ou qu'ils n'ont pas envisagés.

de connaissances scientifiques. L'évaluation est un des objectifs du programme de recherche « assist me¹⁰ » qui étudie la mise en œuvre de l'évaluation dans l'enseignement des sciences expérimentales, de technologie et de mathématique fondé sur les démarches d'investigation.

D'un point de vue du sentiment d'insécurité des enseignants face aux imprévus que peut entraîner la DI (relevés dans la littérature), on peut noter qu'elle est liée à un changement du contrat didactique. Les enseignants ont du mal à maîtriser leur nouveau rôle comme le montrait déjà Jean-Marie Boilevin (2000) pour la résolution de problèmes ouverts en physique. Dans le cadre de la démarche d'investigation, Calmettes (2009) montre que, pour des enseignants construisant ensemble, lors d'une formation, une fiche de préparation sur la même notion, le même problème avec le même matériel, la réalisation de la séance varie énormément d'un enseignant à l'autre.

En conclusion, nous constatons à partir de cette étude de cas (avec les limites que cela engendre) que les enseignants sont démunis face à l'enseignement des sciences, d'autant plus quand ils ne sont pas scientifiques de formation. Cette étude montre que les changements de curriculum et les ressources que les enseignants ont à leur disposition ne suffisent pas à changer les pratiques des enseignants. En effet, face à des instructions officielles qui prônent l'utilisation de la démarche d'investigation et une multiplicité de ressources pour les enseignants, on constate, comme dans cette étude de cas, que la DI est appliquée comme un canevas où aucune étape ne doit être oubliée et où l'élève doit manipuler, investiguer. Les enseignants semblent se sentir prisonniers de ce canevas et veulent à tout prix suivre toutes les étapes. Une meilleure explicitation de la DI serait nécessaire auprès des enseignants car il existe une incohérence entre les contenus des programmes et la mise en œuvre de ces instructions chez les enseignants. La question de la formation doit être abordée afin que les enseignants se familiarisent avec ces nouvelles méthodes d'enseignement, qu'ils prennent du recul sur cette démarche et qu'ils prennent conscience que selon les notions la DI pourra prendre différents visages, que le canevas pourra être adapté à ces notions afin aussi qu'elle ne soit pas chronophage, que les enseignants ne perdent pas de temps sur certaines étapes. On peut se demander si les programmes ne devraient pas introduire la DI de manière moins rigide et pas forcément essentielle selon les thématiques abordées ? De plus, il ne s'agit pas de changer les programmes pour changer les pratiques, il faut du temps. Venturini (2012) ne parle-t-il pas de « changement culturel profond » pour les enseignants ? Nous travaillons actuellement sur les effets d'une formation continue sur la démarche d'investigation en science sur les pratiques des enseignants. Les premiers résultats montrent toute la complexité et la difficulté à faire évoluer les pratiques des enseignants.

Karine MOLVINGER

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Didactique, Éducation et Formation (EA 3749)
Université de Montpellier – CNRS

Abstract : This article presents a case study concerning the practices of a teacher in an elementary school in France using inquiry on miscibility at grade 4. First we identified

¹⁰ ASSIST-ME : Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education.

the issues related to the teaching on this concept, then we analyzed the practices of the teacher. For that we used the theoretical frame of the didactic and ergonomic approach of practices. Besides this study shows the influence of certain factors (knowledge and experience of the teacher) on the logics of action of the teacher.

Keywords : inquiry, mixture and solution, practice, teaching, elementary school, science.

Bibliographie

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993) *Benchmarks for scientific literacy : Project 2061*. New York : Oxford University Press.
- Bachelard G. (1938) *La Formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin.
- Bächtold M. (2012) « Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences fondés sur l'investigation » – *Tréma* 38 (6-39).
- Best F. (1973) *La pédagogie d'éveil*. Paris : A. Colin.
- Best F. (2006) « Croisement(s) du pédagogique et du politique : le cas des activités d'éveil » – *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère Nouvelle* 4, 39 (47-61).
- Boilevin J. M. (2000) *Conception et analyse d'un dispositif de formation initiale d'enseignants de physique-chimie utilisant des savoirs issus de la recherche en didactique : un modèle d'activité et des cadres d'analyse des interactions en classe*. Thèse de doctorat, Université de Provence, Marseille.
- Boilevin J. M. (2013) *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : de Boeck.
- Boilevin J. M. & Brandt-Pomarès P. (2011) « Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : les conditions d'évolution des pratiques » – in : M. Grangeat (dir.) *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (61-62). ENS Lyon.
- Bovet M., Greco P., Papert S. & Voyat G. (1967) *Étude d'épistémologie génétique XXI. Perception et notion du temps*. Paris : PUF.
- Brousseau G., (1986) « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques » – *Recherches en Didactique des Mathématiques* 7/2 (33-115).
- Canal J.-L., Lamarque J., Margotin M., Pierrard M. A. & Tavernier R. (1995) *Sciences et technologie. Nouvelle collection Tavernier, CE2*. Paris : Bordas.
- Calmettes B (2009) « Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques de classe » – *Spirale* 43 (139-148).
http://www.persee.fr/doc/spira_0994-3722_2009_num_43_1_1191
- Calmettes B., Canal J.-L., Coqblin M. J., Lamarque J., Margotin-Passat M., Pierrard M. A. & Tavernier R. (2002) *Sciences expérimentales et technologie, collection Tavernier, CE2 cycle 3*. Paris : Bordas.
- Calmettes B., Lamarque J., Margotin-Passat M., Pierrard M. A. & Tavernier R. (2008) *Sciences expérimentales et technologie, collection Tavernier, CE2 cycle 3*. Paris : Bordas.
- Calmettes B. (2012) « Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation » – in : B. Calmettes

- (dir.) *Démarche d'investigation : analyses de pratiques ordinaires en classe et en formation. Perspectives curriculaires* (153-180). Paris : L'Harmattan.
- Cariou J.Y. (2013) « Démarches d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique » – *Recherche en Didactique des sciences et des technologies* 7 (137-166).
- Charles-Pezard M. (2010) « Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique » – *Recherches en Didactique des Mathématiques* 30, 2 (197-261).
- Chesnais A. (2009) *L'enseignement de la symétrie axiale en sixième dans des contextes différents : les pratiques de deux enseignants et les activités des élèves*. Thèse de doctorat, Université Paris VII.
- Coquidé M. Fortin C. & Rumelhard G. (2009) « L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites » – *Aster* 49 (51-77).
- Crépault J. (1981) « Étude longitudinale des inférences cinématiques chez le préadolescent et l'adolescent : évolution et régression » – *Canad. J. Psycho.* 35 (3).
- Daujean C., Farran J. M., Odabachian J. J. & Jourdan J. (2006) *Physique Chimie 5^e*. Paris : Microméga Hatier.
- Despin J.-P. & Bartholy M.-C. (1983) *Le Poisson rouge dans le Perrier*. Paris : Criterion.
- Dulau L. (1974) *Les Activités d'éveil à dominante scientifique à l'école élémentaire*. Paris : Armand Colin.
- Eurydice (2006) *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe*. États des lieux des politiques et de la recherche, Direction Générale de l'Éducation et de la Culture, Commission Européenne.
- Host V. (éd.) (1973) « Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. I - Objectifs. Méthodes. Moyens » – *Recherches pédagogiques* 62. Paris : INRDP.
- Host V. & Martinand J.-L. (éd.) (1975) *Activités d'éveil à l'école élémentaire. Initiation physique et technologique*. Paris : INRDP
- Inspection Générale de l'Éducation Nationale (2001) « L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire » – Groupe de l'enseignement primaire, Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.
- Jameau A. & Boilevin J. M. (2015) « Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège » – *Recherches en Éducation* 21 (109-122).
- Jaubert M. & Rebière M. (2001) « Pratiques de reformulation et construction de savoirs » – *Aster* 33 (81-110).
- Kahn P. (2000). « L'enseignement des sciences de Ferry à l'éveil » – *Aster* 31 (9-35)
- Kermen I. & Barroso M. T. (2013) « Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale » – *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* 8 (91-114).
- Ledermann N (1999) « Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship » – *Journal of Research in Science Teaching* 36, 8 (916-929).
- Marlot C. & Morge L. (2012) « Mise en relation des difficultés des enseignants du premier et second degré et des caractéristiques des séquences d'in-

- vestigation en sciences » – 7^{es} rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et Techniques, 14, 15 et 16 mars, IUFM d'Aquitaine-Université de Bordeaux.
- 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 Éducation* 21 (123-137).
- Martinez Barrera L.H., de Hosson C. & Decamp N. (2015) « Construire un problème : un premier pas vers l'investigation en sciences. Analyse d'une formation d'enseignants de primaire en contexte français et colombien » – *Recherches en Éducation* 21 (51-66).
- Mathé S., Méheut M. & de Hosson C. (2008) « Démarches d'investigation au collège : quels enjeux ? » – *Didaskalia* 32 (41-76).
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2002) « Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire » – *BOEN* 1 du 14 février 2002.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2005) « Programmes des enseignements de mathématiques, de physique-chimie, 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* Hors Série 5 du 25 août 2005.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2006) *Socle commun des connaissances et des compétences*, décret du 11 juillet 2006.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2008) « Programmes d'enseignement de l'école primaire » – *BOEN* Hors Série 3 du 19 juin 2008.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2010) « Programme de Physique-Chimie en classe de seconde générale et technologique » – *BOEN* spécial 4 du 29 avril 2010.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2015) « Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège » – *BOEN* spécial 11 du 26 novembre 2015.
- Minner D. D., Jurist-Levy A. & Century J. (2009) « Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter ? Results from a research synthesis years 1984 to 2002 » – *Journal of Research in Science Teaching* 47, 4 (474-496).
- Molvinger K., Chesnais A., Munier V. (2017) « L'enseignement de la masse à l'école élémentaire : pratiques d'une enseignante débutante en éducation prioritaire » – *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* 15 (133-167).
- Peltier-Barbier M.-L. (éd.) (2004) *Dur pour les élèves, Dur pour les enseignants, Dur d'enseigner en ZEP*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Piaget J. & Inhelder B. (1941) *Le développement des quantités chez l'enfant conservation et atomisme*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Prieur (2013) « Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie » – *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* 7 (53-76).
- Robert A. (2008) « Sur les apprentissages des élèves : Une problématique inscrite dans les théories de l'activité et du développement » – F. Vandebrouck (éd.) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (33-44). Toulouse : Octarès.
- Robert A. & Rogalski J. (2002) « Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche » – *La Re-*

- vue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies* 2, 4 (505-528).
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H. & Hemmo V. (2007) *L'enseignement scientifique aujourd'hui une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Union européenne, Direction générale de la recherche Science, économie et société.
- Sensevy G. (2011) *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : de Boeck.
- Shulman L. S. (1986) « Those who understand: knowledge growth in teaching » – *Educational Researcher* 15, 2 (4-14).
- Smith C., Carey S. & Wisner M. (1985) « On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight and density » – *Cognition* 21, 3 (177-237).
- Smith C., Snir J. & Grosslight L. (1992) « Using conceptual models to facilitate conceptual change: the case of weight-density differentiation » – *Cognition and Instruction* 9, 3 (221-283).
- Smith C., Maclin D., Grosslight L. & Davis H. (1997) « Teaching for understanding : A study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density » – *Cognition and Instruction* 15, 3 (317-393).
- Verin A. (1988) « Apprendre à écrire pour apprendre les sciences » – *Aster* 6 (15-46).
- Venturini P (2012) « Les démarches d'investigation enjeux pour l'enseignement et objets de recherche pour la didactique » – in : B. Calmettes (dir.) *Didactique des sciences et démarche d'investigation* (9-13). Paris : L'Harmattan.
- Viennot L. (1992) « Raisonnement à plusieurs variables : tendances de la pensée commune » – *Aster* 14 (127-141).

Annexe 1 : Description minutée du déroulement de la séance

<i>Épisode</i>	<i>Activités</i>	<i>Durée</i>	<i>Type de travail</i>	<i>Description</i>
1	1	1 min 30	collectif	Consigne activité 1 : répondre aux questions :
2		5 min	travail en binôme	Les élèves répondent aux questions par deux sur le cahier de brouillon
3		13 min	collectif	Mise en commun activité 1
4	2	5 min	collectif	Consigne activité 2
5		7 min 30	en groupe de 3 ou 4	Les élèves réalisent leur affiche
6		15 min 30	collectif	Mise en commun activité 2
7	3	3 min	collectif	Consigne activité 3
8		3 min	en groupe	Activité 3 : expérience
9	4	30 s	collectif	Consigne activité 4 : dessiner résultat de l'expérience
10		1 min 30	individuel	Activité 4 : dessiner résultat de l'expérience
11	5	3 min	collectif	L'enseignante introduit le vocabulaire