

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
REMERCIEMENTS.....	xi
INTRODUCTION	1
PREMIER CHAPITRE : LA PROBLÉMATIQUE.....	5
1.1 THÈME DE RECHERCHE.....	7
1.1.1 Modélisation, formation scientifique et masse volumique	7
1.1.2 Préconceptions	9
1.1.3 Difficultés rencontrées avec le concept de masse volumique.....	10
1.1.4 Conflit cognitif.....	11
1.2 PROBLÈME DE RECHERCHE.....	13
1.2.1 Milieu non formel	14
1.2.2 Concepts erronés	16
1.2.3 Centres d'intérêt et implication professionnelle	17
1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE	18
CHAPITRE 2 : CADRE CONCEPTUEL	19
2.1 ÉDUCATION FORMELLE ET NON FORMELLE.....	20

2.2 COMPRÉHENSION DE CONCEPTS EN SCIENCES	22
2.3 CONFLIT COGNITIF ET CONTRE-INTUITIVITÉ	26
2.4 CONCEPT SCIENTIFIQUE ÉTUDIÉ : LA MASSE VOLUMIQUE	29
CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE	34
3.1 PARTICIPANTS	36
3.2 INSTRUMENTS ET OUTILS DE RECHERCHE	37
3.3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	42
3.4 PERTINENCE SOCIALE ET SCIENTIFIQUE	43
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS, ANALYSE, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION .	44
4.1 RÉSULTATS DES PRÉTESTS ET POST-TESTS.....	45
4.1.1 Définitions : questions 1 et 2.....	46
4.1.2 Connaissances : question 3	52
4.1.3 Compréhension : questions 4 à 8	56
4.1.4 Application : questions 9 et 10.....	75
4.2 RÉSULTATS DES ATELIERS FLOTTE/COULE	77
4.3 RÉSULTATS DU GROUPE DE DISCUSSION	80
4.3.1 Discussion en lien avec l’immersion de la boule de quilles.....	80
4.3.2 Discussion en lien avec les ateliers Flotte/Coule	82
4.3.3 Discussion en lien avec la masse volumique	83
CONCLUSION.....	85
RÉFÉRENCES.....	94
APPENDICES	104

Appendice 1 : Certificat d'éthique	105
Appendice 2 : Questionnaire prétest (et post-test)	108
Appendice 3 : Trois Ateliers Flotte/Coule inspiré de PREST®	114
Appendice 4 : Questionnaire semi-dirigé pour la discussion de groupe	125
Appendice 5 : Différents modèles atomiques.....	128

Liste des tableaux

Tableau 1 : Organisation de la collecte de données	41
Tableau 2 : Définitions de la masse volumique et de la densité	47
Tableau 3 : Valeur et unités de la masse volumique de l'eau.....	53
Tableau 4 : Questions en lien avec la compréhension de la masse volumique	58
Tableau 5 : Calcul de la masse volumique avec mise en situation	76

Liste des figures

Figure 1 : La poussée d'Archimède	31
Figure 2 : Immersion de la boule de quille suspendue à un dynamomètre lors d'une conférence-démonstration au CDES	61
Figure 3 : Représentations de la répartition de quatre liquides de masse volumique connue dans un cylindre gradué	67
Figure 4 : Représentations de la répartition de deux liquides de masse volumique connue dans un cylindre gradué	70
Figure 5 : Différents modèles atomiques	129

Remerciements

J'aimerais souligner l'appui constant et indéfectible de mon directeur de recherche, Monsieur Ghislain Samson sans qui ce travail n'aurait pu voir son aboutissement.

Je tiens ici à remercier Monsieur Stéphane Baillargeon pour son ouverture et sa gentillesse à vouloir partager le contenu de ses ateliers. Monsieur Baillargeon est auteur et détenteur des droits du PREST® (Pôle Régional pour l'Enseignement des Sciences et des Technologies) proposé aux enseignantes et enseignants des écoles de la région de la Capitale Nationale.

Je souligne également la contribution de Madame Fannie Michaud, étudiante au baccalauréat en adaptation scolaire et sociale, pour le travail de transcription des données.

Je remercie également Madame Louise Giroux pour son travail exceptionnel de révision linguistique et les professeurs Rodolphe Toussaint de l'université du Québec à Trois-Rivières et Vincent Richard de l'université Laval pour l'évaluation du mémoire et leurs judicieux conseils.

Je ne peux passer sous silence les nombreux moments non partagés avec ma conjointe et mes deux garçons. Merci à vous trois, Isabelle, Félix et Étienne, pour votre patience, votre compréhension et votre soutien. Vous serez à tout jamais dans « mon » mémoire.

Rapport-Gratuit.com

INTRODUCTION

Depuis plus de vingt ans, notre profession d'enseignant de sciences nous a permis de côtoyer près de trois mille élèves aux champs d'intérêt des plus variés. Notre rôle consiste à les prendre avec leur bagage d'expériences, tout en considérant qu'ils sont des êtres humains uniques, et à leur inculquer l'amour des sciences en les accompagnant dans leur parcours.

Nombreuses sont les embûches qui se dressent sur le chemin de leur apprentissage. La compréhension de certains concepts scientifiques, plus particulièrement celui de la masse volumique, nous préoccupe au plus haut point puisque dans notre pratique, nous avons observé à maintes reprises la difficulté que présente ce concept pour plusieurs élèves. Dans le champ de la recherche en didactique des sciences, l'étude du concept de masse volumique refait surface régulièrement et a été examiné, entre autres, par Rowell et Dawson (1977), Penner et Klahr (1996), Kloos, Fisher et Van Orden (2010) ainsi que par Xu et Clarke (2012) sous différents aspects. Bien que cette notion soit abordée dès le primaire (Toussaint, Lavigne et Laliberté 2001), certains élèves de quatrième secondaire n'en maîtrisent toujours pas toutes les subtilités et quelques-uns n'en retiennent que le traitement mathématique, sans pouvoir l'appliquer dans la vie courante (Samson, 2004).

Une collaboration, à titre de concepteur et animateur avec le Centre de démonstration en sciences (CDES) du collège Laflèche de Trois-Rivières, lors de conférences-démonstrations, nous a permis d'entrevoir une ouverture vers une meilleure

compréhension du concept de masse volumique. Pour mieux nous situer, cette collaboration faisait suite à une demande du CDES, pour la réalisation et l'animation d'une conférence axée sur les forces et le mouvement. Nous avons ainsi travaillé avec l'équipe en place au choix des concepts et à la scénarisation de ceux-ci sous forme de conférence-démonstration interactive présentée à l'automne 2011. Notre travail au CDES fut donc un des moteurs de notre implication à la maîtrise en éducation à l'UQTR.

Notre recherche propose d'explorer l'influence du milieu non formel sur la compréhension du concept de masse volumique chez des élèves du secondaire. Pour se faire, il convient de bien situer la problématique de la compréhension de la masse volumique dans le milieu formel représenté par la classe de sciences. L'apport du milieu non formel en général (musée, centre des sciences) et du CDES plus particulière permet de positionner notre question de recherche liant masse volumique et milieu non formel. Notre cadre conceptuel définit les concepts de milieu formel et non formel tout en démontrant les difficultés associées aux concepts scientifiques rencontrées par les élèves. Ici, le conflit cognitif et la contre-intuitivité, largement utilisés au CDES, jouent un rôle prépondérant dans l'amélioration de cette compréhension déficiente. Malheureusement, l'analyse des données ne permet pas de faire ressortir l'apport spécifique de la conférence-démonstration présentée au CDES à la compréhension de la masse volumique, mais permet de dégager des constats et de proposer certaines recommandations et pistes de réflexion pour l'avenir.

Ainsi, le premier chapitre pose la problématique traitant de la masse volumique, laquelle est constituée du thème lié à la didactique des sciences, du problème associé à l'apport du milieu non formel à l'école et de la question de recherche. Par la suite, le cadre conceptuel fait l'objet du second chapitre. Il présente les principaux concepts retenus à savoir : l'éducation formelle et non formelle, la compréhension des concepts en sciences, le conflit cognitif et la contre-intuitivité et finalement le concept scientifique étudié (la masse volumique). Le chapitre suivant expose la méthodologie comprenant quatre sections traitant des participants, des outils de recherche, du traitement des résultats, de l'analyse et de l'interprétation et de la pertinence sociale et scientifique.

La présentation des résultats, l'analyse, l'interprétation et la discussion constitue le quatrième chapitre de notre mémoire et comprend essentiellement trois grandes sections : les prétests et post-tests, les ateliers Flotte/Coule et le groupe de discussion. Enfin, le cinquième chapitre propose une conclusion de même que des remarques pour l'amélioration de la pratique enseignante, les limites de la recherche et également des pistes pour la poursuite de travaux futurs sur le même sujet sont également suggérées. Des appendices viennent clore ce mémoire.

PREMIER CHAPITRE : LA PROBLÉMATIQUE

Nombreux sont les problèmes rencontrés dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences¹ au primaire et au secondaire depuis la nuit des temps. Parmi ceux-ci figure celui de l'intérêt et de la motivation (Samson, 2011; Hasni et Potvin, 2013; Richard et al., 2014), de la formation des enseignants (Samson, 2010) et de la compréhension des concepts de physique (Roth, 2008; Bêty, 2010; Trudel, Parent et Métioui, 2010; Koenig, Schen et Bao, 2012). C'est particulièrement ce dernier problème qui fait l'objet de notre recherche, puisque nous pouvons comprendre et suivre les difficultés rencontrées par certains élèves et ce, sous deux angles : comme enseignant au secondaire et comme ex-animateur du CDES.

Ainsi, la problématique de la compréhension de la masse volumique nous intéresse plus particulièrement à titre d'enseignant, puisque certains de nos élèves du premier cycle du secondaire éprouvent des difficultés dans l'apprentissage et la compréhension de ce concept fondamental (Xu et Clarke, 2012). Le problème de l'apprentissage d'un concept nous questionne également comme ex-animateur du CDES, puisque la création d'une conférence-démonstration sur les forces nécessitait la mise en place de démonstrations voulant justement améliorer la compréhension de concepts scientifiques portant sur les forces, en plus de la masse volumique liée au concept de poids et de flottabilité.

¹ Même si les programmes québécois sont maintenant appelés Science et technologie, notre projet de recherche est limité à la portion scientifique et particulièrement au concept de masse volumique.

1.1 THÈME DE RECHERCHE

Le thème de recherche se situe dans le champ de la didactique des sciences, plus particulièrement de la physique. De nombreuses recherches se préoccupent de cette didactique (diSessa, 1982; Giordan, 1998a; Potvin, Riopel et Masson, 2007). Certaines études insistent sur les moyens d'intéresser les élèves aux disciplines scientifiques jugées difficiles et abstraites (Bruyère et Allaire-Duquette, 2013; Hasni et Potvin, 2013). L'une des difficultés soulevées notamment par Martinand (2010) a trait à l'articulation du concret et de l'abstrait dans l'enseignement des sciences.

1.1.1 Modélisation, formation scientifique et masse volumique

Dans cette optique, il existe certaines embûches liées à l'enseignement de la modélisation en sciences; le questionnement porte sur les possibilités offertes par la démarche de modélisation pour faciliter l'articulation du concret et de l'abstrait dans l'enseignement des sciences. La nécessité de fournir aux élèves (futurs citoyens) des outils pour comprendre les savoirs scientifiques et pour mesurer la portée des avancées technologiques, soulignée par la Comité-conseil sur les programmes d'études (1998), devient primordiale pour une population présentant un déficit de la culture scientifique, technologique et mathématique (Hasni et Potvin, 2013). Dans le même sens, Trudel, Parent et Métioui (2010) soulignent l'importance d'une formation scientifique de base pour comprendre nombre de phénomènes naturels auxquels ils sont confrontés quotidiennement. Ces trois chercheurs précisent également que

« [...] nos futurs citoyens pourront effectuer des choix éclairés de consommation, utiliser en toute sécurité les nombreux appareils de la vie courante basés sur des principes scientifiques ou techniques, comprendre l'information à caractère scientifique ou technique véhiculée dans les médias, [...] » (p.150)

Richard et Bader (2010) abondent dans le même sens lorsqu'il précise que certaines recherches en enseignement des sciences suggèrent de développer la culture scientifique « [...] par le renforcement des capacités des élèves à développer des positions éclairées dans les débats sur les questions sociales soulevées par la technoscience contemporaine, [...] » (p.744). De même Dionne (2014) traitant de la réorganisation du curriculum aux Pays-Bas, précise que les nouvelles

« [...] unités d'apprentissage (sur la nature de science) visent à outiller les élèves pour qu'ils deviennent des citoyens responsables et critiques, pouvant contribuer ultimement à prendre des décisions dans le domaine des sciences et de la technologie, pour le bien-être et le futur de la société (Henze, Van Driel et Verloop, 2007) » (p. 5)

Cette recherche nous semble pertinente, puisque le concept de masse volumique trouve écho dans de nombreuses situations de la vie de tous les jours (exemples...). L'enfant de la maternelle aura un jour ou l'autre expérimenté la flottabilité de certains corps dans une expérience de type Flotte/Coule alors que l'adolescent pourra comparer la densité de certains objets présentés au laboratoire tout en mesurant leurs masses volumiques respectives.

1.1.2 Préconceptions

Un autre problème largement étudié en didactique des sciences est celui des préconceptions (également nommées : conceptions erronées, présuppositions ou théories naïves) en lien avec les changements conceptuels ou la restructuration des connaissances (Posner, Strike, Hewson et Gertzog, 1982; Duit et Treagust, 2003; Eastes et Pellaud, 2004; Bêty, 2010; Zhou, 2010). Les travaux sur la théorie du développement cognitif de Piaget et ceux sur la philosophie des sciences de Kuhn ont jeté les bases de la terminologie employée pour décrire et étudier les changements conceptuels (diSessa, 1982; Zhou, 2010). Ces travaux sont directement associés aux notions pédagogiques qui permettent la mise en place des changements conceptuels. Les préconceptions sont largement influencées par les conflits cognitifs (plus largement discuté au chapitre 2) pouvant émerger à la suite des expériences, des démonstrations dans des musées, des centres des sciences ou dans tout autre milieu d'apprentissage non formel (Eastes et Pellaud, 2004) (plus largement discuté à la section 1.2.1). La notion de préconceptions est intimement liée à la compréhension des concepts scientifiques incluant le concept de masse volumique. Des recherches tendent vers l'utilisation de ces préconceptions pour faire évoluer les élèves vers les concepts scientifiques actuels (Posner et al., 1982; Roth, Anderson et Smith, 1986).

Par exemple, la masse volumique, trop souvent confondue avec le principe de flottabilité expliqué par Archimède, peut être considérée, pour certains élèves, comme une barrière à la compréhension de ce concept scientifique de base (Herrington et Scott,

2011). Concernant le concept de masse volumique, plusieurs auteurs (Smith, Maclin, Grosslight et Davis, 1997; Benedis-Grad, 2006; Stavridou et Grammenos, 2009) soulignent que c'est l'un des concepts les plus difficiles à maîtriser par des élèves du secondaire. De même, d'autres auteurs (Hitt, 2005; Hardy, Jonen, Möller et Stern, 2006; Dawkins, Dickerson, McKinney et Butler, 2008) précisent que la masse volumique est complexe de par sa nature indirecte, puisqu'elle est l'expression d'un rapport et non une mesure directe de cette propriété caractéristique. Selon Samson (2004), la « mathématisation » des sciences (à partir d'une formule, d'une loi, d'une théorie pour résoudre un problème d'électricité, par exemple) cause plusieurs ennuis à nombre d'élèves. Dans le cas qui nous préoccupe ici, la masse volumique ou ρ est le rapport de la masse d'un solide, d'un liquide ou d'un gaz sur son volume. L'utilisation de multiples variables demande que ces dernières soient éventuellement isolées. Le recours à une simple règle de trois (règle de proportionnalité) pour retrouver la masse d'un objet, lorsque son volume et sa masse volumique sont connus, augmente encore le niveau de difficulté pour nombre de nos élèves. Dans certains cas, lorsque le volume est irrégulier, son évaluation ou sa mesure devient problématique (le volume d'un caillou par déplacement d'eau, par exemple).

1.1.3 Difficultés rencontrées avec le concept de masse volumique

Nos observations comme enseignant nous ont également permis de constater qu'une majorité d'élèves québécois est confrontée, et ce dès la maternelle, à des conflits

cognitifs (voir chapitre 2), notamment avec le concept de masse volumique. Une expérience classique, souvent intitulée « Flotte/Coule ? », durant laquelle l'enfant est appelé à déposer des objets (pâte à modeler, trombone, morceau de bois, etc.) dans un aquarium, permet d'en observer le résultat. (Thouin, 2006; Herrington et Scott, 2011) Or, lorsqu'il dépose un cent, il constate que ce dernier coule...« C'est normal, s'exclame-t-il, c'est du fer ! ». Pourtant, quelques jours auparavant, son enseignant avait fait une lecture concernant un navire flottant sur les eaux du St-Laurent. C'est ici que certains enseignants interpellent les enfants en leur demandant de reprendre l'expérience en donnant une forme allongée et recourbée à la pâte à modeler (qui, lorsque sous forme de boule, coule dans le contenant d'eau) pour voir le « résultat » flotter (Thouin, 1999; Potvin, 2011). Cette situation peut déstabiliser certains apprenants qui chercheront à connaître le truc ou l'astuce.

1.1.4 Conflit cognitif

Dans le but de réorganiser les préconceptions et de faire naître le conflit cognitif, certaines recherches tendent vers l'utilisation de démonstrations ou d'expériences contre-intuitives. Eastes et Pellaud (2004) définissent l'expérience contre-intuitive comme « [...] une expérience qui produit un résultat inverse ou très différent de celui auquel on s'attend, intuitivement, avant qu'elle ne soit mise en action, ou dont l'interprétation va à l'encontre de l'évidence ou du sens commun. » (p. 1198).

Pour Bêty (2010), « La stratégie du conflit cognitif est un moyen recommandé par Giordan pour la confrontation et la perturbation. » (p. 10). La confrontation et la perturbation sont liées à l'idée de déconstruction des préconceptions et l'expérience contre-intuitive permet cette réorganisation. Posner et al. (1982) préconise la mise en place d'une insatisfaction face aux préconceptions pour créer le conflit cognitif. En ce sens, une partie des conférences-démonstrations du CDES recoure quelques fois à la contre-intuitivité pour favoriser le conflit cognitif.

Sur le plan de la pratique et du curriculum scolaire, l'importance relative du concept de masse volumique peut s'évaluer par la place qu'il occupe dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS, 2006a). La masse volumique est intrinsèquement liée aux concepts prescrits aux second et troisième cycles du primaire (densité, flottabilité) et est directement abordée au premier cycle du secondaire. Cet intérêt pour les deux derniers cycles du primaire se justifie ici, puisque c'est à ces niveaux scolaires que sont abordées ces questions, mais également parce que nous constatons des différences dans la « préparation scientifique » chez les élèves que nous accueillons au premier cycle du secondaire.

De plus, la majorité des maisons d'éditions québécoises (Editions du Renouveau Pédagogique Inc.-Pearson Education-), Les éditions CEC, Éditions Grand Duc, LIDEC, etc.) et leurs auteurs (Gagné, Bachand, Durocher et Samson, 2005, par exemple)

présentent ces concepts comme prescrit par le MELS. Or, ces concepts sont également abordés lors de la conférence-démonstration du CDES auprès des groupes scolaires précités.

Nous proposons donc d'observer l'impact d'une visite au CDES sur la compréhension du concept de masse volumique chez des élèves du premier cycle du secondaire.

1.2 PROBLÈME DE RECHERCHE

Nous venons de le voir, l'École, ici considérée comme un milieu formel d'enseignement des sciences, doit s'ajuster à ses effectifs étudiants et tenter de résoudre des problèmes de compréhension en sciences, particulièrement en physique, et pour notre recherche, en lien avec la masse volumique. Or, des études montrent l'importance de travailler en concertation avec les milieux non formels (Samson, Hasni, Potvin et Gauthier 2011; Samson, Couture, Bélanger, Lepage, Gaudreault et St-Cyr, 2013). Pour nous, le milieu formel correspond au milieu scolaire qui présente un enseignement organisé et qui fait l'objet d'une reconnaissance officielle. En ce sens, nous amalgamons les définitions de Maulini et Montandon (2005) et de Legendre (2005).

1.2.1 Milieu non formel

Depuis quelques années, les musées se positionnent de plus en plus comme des milieux non formels pour soutenir les enseignements et les apprentissages dits formels. Ici, le milieu non formel est associé aux établissements qui dispensent des activités éducatives généralement structurées, comme les musées ou les aquariums, par exemple, mais à l'extérieur de milieu dit scolaire, tel que défini par Hamadache (1993) et Legendre (2005). Ainsi, Meunier (2008) précise que certains musées offrent des programmes et des activités éducatives aux groupes scolaires sans être une copie conforme des programmes nationaux. Il appert que les musées à vocation scientifique, comme le CDES, considéré ici au sens large, semblent rencontrer les mêmes problèmes liés à la compréhension en sciences auprès de leurs visiteurs, incluant les élèves. Pour Fortier (1995), l'évaluation de l'apprentissage demeure un défi lors d'une visite au musée. Watson (2010) pousse plus loin la réflexion et la problématique muséale lorsqu'il explique que « [...] l'impact de l'expérience dans un cadre non formel n'est pas d'abord axé sur la capacité des élèves à démontrer une compréhension immédiate, mais plutôt sur la probabilité qu'elle [l'expérience] prépare les élèves à apprendre à l'avenir. » (p. 226). Un peu comme si l'expérience et la démonstration vécues dans un milieu non formel étaient les prémices d'une compréhension en devenir. Le milieu non formel, comme les musées ou le CDES, prépare le terrain, en quelque sorte, pour faciliter la compréhension chez les jeunes apprenants.

Selon d'autres travaux, un lien causal existe entre la participation active des élèves-visiteurs dans un musée et les progrès cognitifs et affectifs observés chez ces jeunes (Allard, Larouche, Lefebvre, Meunier et Vadeboncoeur, 1995). Holmes (2011) précise que le cadre non formel des bibliothèques ou des zoos devient un support intéressant pour améliorer la réussite des élèves. Elle précise que « les musées de sciences ont le potentiel d'être un partenaire signifiant et valable pour le cadre éducationnel formel de la classe. » (*Ibid.*, p. 264). Le programme « Urban Advantage » de la ville de New York met de l'avant le partenariat entre les musées et les centres scientifiques et le milieu scolaire (Dionne, 2014). De même, DeWitt et Osborne (2007) citant Anderson et Lucas (1997), Flexer et Borun (1984) ainsi que Orion & Hofstein (1994) soulignent que la recherche fournit des preuves que les sorties scolaires dans les musées de sciences permettent un gain au plan conceptuel et cognitif. Ainsi, Dionne (2014) souligne

qu'« Aux États-Unis, un rapport de 2009 intitulé " The Opportunity Equation: *Transforming Mathematics and Science Education for Citizenship and the Global Economy* " insiste sur l'importance de promouvoir des partenariats entre organisations en sciences pour développer l'éducation scientifique dans les milieux scolaires. » (p. 2)

Cette remarque est d'autant plus pertinente lorsque qu'on reconnaît l'apport des sorties scolaires au musée sur les concepts et la cognition. Les partenariats sont certainement à encourager.

Comme nous venons de le préciser, la littérature démontre que les retombées positives de l'apport fourni par les milieux non formel comme les musées et autres centres des sciences sont réels et favorisent l'apprentissage formel dispensé dans nos écoles.

1.2.2 Concepts erronés

Nous tenons également à souligner que nos jeunes élèves se présentent avec des concepts scientifiques, fruits de leurs expériences personnelles et de l'apport du primaire, mais que certains de ces concepts sont parfois erronés en raison des préconceptions des élèves (Xu et Clarke, 2012). Une des approches proposées pour transformer ces préconceptions repose sur l'utilisation de démonstrations contre-intuitives. Ces démonstrations visent à déstabiliser les préconceptions de l'apprenant pour l'amener à reformuler ses idées dans le but d'acquérir des concepts scientifiques solides.

Notre intérêt pour la recherche est donc double. D'un côté, la compréhension de concepts (particulièrement la masse volumique) présente un défi dans l'apprentissage des sciences à l'école. De l'autre côté, et ce en lien avec notre implication au CDES, nous questionnons l'impact des conférences/démonstrations sur la compréhension de ce concept par les jeunes du premier cycle du secondaire.

1.2.3 Centres d'intérêt et implication professionnelle

Nous venons d'exposer que le milieu d'enseignement formel, représenté par l'école, est aux prises avec des difficultés d'ordres divers. Plus particulièrement, l'enseignement des sciences fait face à certains problèmes, dont celui de la compréhension de concepts en physique par des élèves. Le milieu d'enseignement non formel, associé au CDES pour notre recherche, rencontre également des défis, notamment au niveau de la compréhension du concept de masse volumique.

Il nous faut préciser ici qu'une visite ici au CDES ne se limite pas aux 90 minutes de la conférence-démonstration, mais qu'elle inclut également tous les préparatifs précédant ladite conférence et les retours qui y sont faits. D'ailleurs, le CDES du Collège Laflèche a développé des trousseaux pédagogiques préparatoires aux visites et les propose aux écoles comme amorce à l'activité. Cette préparation précédant la visite est d'une grande importance selon Abrougui et Clément (1996). Ces trousseaux pédagogiques, proposées par le milieu non formel, permettent également aux enseignants de poursuivre le travail au retour à l'école.

Comme enseignant en sciences et technologie au secondaire, nous avons souvent observé les difficultés rencontrées par certains élèves avec le concept de masse volumique. À ce titre, le problème retenu est directement relié aux difficultés de compréhension de ce concept et aux retombées qu'une visite au CDES pourrait avoir sur l'amélioration de la compréhension de celui-ci auprès des élèves de deuxième année du

premier cycle secondaire. Il est opportun de souligner que notre travail de recherche utilise une approche méthodologique de type recherche exploratoire, qui sera abordée dans le chapitre 3.

1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE

Notre question générale de recherche est la suivante : est-ce que la participation à une conférence-démonstration d'élèves du 2^e secondaire facilite l'apprentissage de concepts scientifiques?

De façon plus spécifique, nous souhaitons répondre à la question suivante : quel est l'impact d'une visite au CDES sur la compréhension du concept de masse volumique chez ces mêmes élèves?

Comme nous introduisons dans notre méthodologie une séquence d'enseignement sous forme d'ateliers-laboratoires, une seconde question spécifique nous intéresse : est-ce que la réalisation d'ateliers en lien avec la masse volumique influence la compréhension de ce concept chez les élèves visés par notre recherche?

La problématique ayant été exposée, la prochaine section présente les principaux concepts retenus dans le cadre de notre étude.

CHAPITRE 2 : CADRE CONCEPTUEL

Quatre concepts représentent la matrice théorique à la base de notre recherche. Il y a d'abord le contexte où se déroule l'activité, à savoir l'école comme milieu formel et le CDES comme milieu non formel. Puis la notion de compréhension de concepts en sciences, point central dans notre projet. Ensuite, les concepts conflit cognitif et de contre-intuitivité, qui représentent des éléments moteurs du changement conceptuel, à la base même de l'approche retenue par le CDES. Enfin, le concept de masse volumique, souvent confondu avec la densité, complète notre cadre conceptuel.

2.1 ÉDUCATION FORMELLE ET NON FORMELLE

Dans le but de mieux circonscrire les éléments qui suivront, il convient de définir plus avant la notion d'éducation formelle et d'éducation non formelle. Lors d'une conférence sur la valorisation des sciences et de la technologie présentée à la Cité de l'énergie de Shawinigan en 2013, Samson et al. (2013) définissaient le milieu formel comme étant l'école et le milieu non formel comme « [...] une activité pouvant ne pas avoir d'intentions de faire apprendre des sciences et technologie, mais qui peut être exploitée. » (n.p.)

Maulini et Montandon (2005) présentent les définitions de l'UNESCO (United Nations Education, Scientific and Cultural Organization) (2004) pour l'éducation formelle de la façon suivante : elle

« [...] désigne l'enseignement dispensé dans le système des écoles, lycées, collèges, universités et autre établissement d'enseignement organisé qui

constitue normalement une « échelle » continue d'éducation à temps complet pour les enfants et les jeunes et débute à l'âge de cinq, six ou sept ans et se poursuit jusqu'à 20 ou 25 ans. » (p. 14)

Legendre (2005) vient préciser cette définition en ajoutant que ce type d'éducation « [...] conduit généralement à une reconnaissance officielle. » (p. 514). Pour sa part, Hamadache (1993) définit l'éducation non formelle de la façon suivante « “...Toute activité éducative organisée en dehors du système d'éducation formel établi et destinée à servir des clientèles et à atteindre des objectifs d'instruction identifiables ” (Coombs et al., 1973; cités dans Hachadache, 1993, p. 11). Ici, Legendre (2005) simplifie grandement cette définition en précisant qu'il s'agit d'une « [...] activité éducative structurée, mais non scolaire. » (p. 517). Le CDES, ou le *Fusion Science Theater* de Madison au Wisconsin, les Expo-Sciences Bell, en passant par les émissions de télévision *Génial* et *Le code Chastenay* ou *MythBusters* de même que les associations comme *Les Atomes Crochus* à Paris et *Les Bateleurs de la Science* à Genève s'insèrent dans la définition de l'éducation non formelle à nos yeux. Il est intéressant de noter que Hamadache (1993) identifie des caractéristiques relatives à l'éducation non formelle à savoir : organisée, structures et non institutionnalisée, avec un public cible identifiable et des objectifs d'éducation. Dans ce sens, les conférences/démonstrations du CDES et toute la liste non exhaustive de centres, regroupements, émissions télévisées et associations visant la promotion des sciences au sein d'un large public cadrent parfaitement avec la définition de Legendre (2005).

Puisque nous retenons les définitions de Legendre (2005) qui précise les différences entre l'éducation formelle et non formelle dans le cadre de notre recherche, l'école ou plus spécifiquement la classe est considérée ici comme un lieu formel d'éducation et le CDES comme un milieu non formel; les deux pouvant s'influencer l'un et l'autre.

2.2 COMPRÉHENSION DE CONCEPTS EN SCIENCES

Si les visées d'un musée au sens générique ne sont pas de faire comprendre les contenus ou plus spécifiquement les concepts de sciences, il en est autrement du rôle de l'École. Or, cette section a pour but de préciser notre définition des termes compréhension et concept. Selon le dictionnaire Robert (1983), le terme compréhension réfère, dans le domaine de la linguistique et de la logique, à l'« ensemble des caractères qui appartiennent à un concept. » (p. 352). Toujours selon le même ouvrage, le terme comprendre est dérivé du latin populaire *comprendre* et du latin classique *comprehendere* du XII^e siècle signifiant " saisir " et qui se définit comme suit « Appréhender par la connaissance; être capable de faire correspondre à quelque chose une idée claire. » (p. 353). Nous sommes à même de constater que la définition générale du mot compréhension englobe l'idée de concept, mais qu'elle implique également le rassemblement d'un ensemble de propriétés ou caractéristiques nécessaires pour bien cerner le concept. Dans un texte abordant la compréhension de lois newtoniennes, diSessa (1982) vient renforcer cette idée d'association lorsqu'il précise que « [...] la façon dont

cette connaissance est codée fonctionnellement implique une convergence et une orchestration complexe d'un grand nombre d'accords partiels, avec un grand nombre d'entre elles basées sur les connaissances antérieures » (p. 59).

Legendre (2005) exprime bien cette notion d'ensemble et va plus loin avec cette idée en n'évoquant non pas un ensemble des caractères, mais bien une série de concepts à relier pour atteindre la compréhension. Ainsi, il définit le terme compréhension du point de vue pédagogique comme :

« Élaboration par le sujet d'un ensemble cohérent de concepts, en vue de se constituer une représentation adéquate d'un objet, laquelle représentation favorise l'atteinte d'objectifs d'apprentissage variés et quelques fois nouveaux, guide le développement et le transfert d'habilités et se traduit par l'élaboration d'explications satisfaisantes. » (p. 261)

Cette définition nous interpelle puisqu'elle présente trois effets de la compréhension sur la représentation d'un objet, à savoir favoriser l'atteinte d'objectifs, guider le transfert d'habilités et élaborer des explications. Cette dernière action nous intéresse particulièrement, puisqu'elle renforce l'idée que l'utilisation de démonstrations contre-intuitives, créant un conflit cognitif, permet la recherche de réponses en vue de trouver des « explications satisfaisantes », modifiant ainsi la compréhension d'un concept comme celui de masse volumique. Le CDES utilise les démonstrations contre-intuitives dans le but de générer un conflit cognitif avec les préconceptions des élèves qui devrait contribuer à la réorganisation de leurs concepts. Il est bon de noter que pour le CDES, « l'expérience contre-intuitive n'est pas proposée comme une méthode pédagogique

unique. Elle est offerte en support à l'enseignant retournant dans sa classe, comme une occasion d'exposer ses élèves à une autre facette de la science. » (Lepage et Samson, 2011, p. 159). Cette approche vise également le développement par l'élève d'une représentation cohérente permettant de favoriser l'atteinte d'objectifs, le guidage des habilités et l'élaboration des explications comme défini par Legendre (2005). Ainsi, « [...] lorsque les élèves rencontrent de nouvelles expériences dans la salle de classe qui ne correspondent pas à leur structure mentale existante, ils se sentent insatisfaits et sont prêts à accepter de nouveaux concepts pour résoudre ce conflit. » (Zhou, 2010, p.103). Giordan (1998b) exprime bien l'importance de la résolution de conflit lorsqu'il écrit « L'apprenant ne s'approprie un savoir que s'il produit un surcroît de sens pour lui. » (p.114).

Puisque la définition présentée par Legendre (2005) satisfait aux concepts théoriques se rattachant à notre recherche, elle est conservée comme référence pour la définition de la compréhension.

Le terme « concept », quant à lui, est défini par Chartrand et De Koninck (2009) comme une

« représentation mentale générale et abstraite d'un objet (abstrait ou concret), stabilisée dans une communauté de savoirs à un moment déterminé (concept de poids en physique, de raison en philosophie, de verbe en grammaire). Aussi, rigoureusement parlant, le terme de concept fait référence à un objet construit dans le monde scientifique ou savant. » (p. 154)

Larousse (2012) précise que diverses perceptions sont rattachées à cet objet et que le concept permet d'en organiser les connaissances. Cet amalgame de définitions, qui sera retenu aux fins de notre recherche, présente également l'idée d'ensemble rencontrée dans la définition du mot « compréhension ». Un ensemble d'idées organisées est ainsi nécessaire pour structurer notre pensée et bien saisir un concept. Ici, le concept de masse volumique est assujéti à l'obligation de structuration, puisqu'il se rattache à un objet de pensée abstrait, en raison de sa complexité. À ce titre, se référant au concept scientifique de mécanique, Rolando, Ballini et Robardet (1997) précisent que

« Ce sont [comme la plupart des concepts des sciences physiques] des concepts formels qui ne disposent pas d'une représentation concrète dans le monde réel. En outre, ils ne prennent leur sens qu'en lien avec d'autres concepts tout aussi formels. » (p. 90)

Ceci s'applique également au concept de masse volumique qui fait l'objet de notre recherche. Ce concept présente également des difficultés pour certains élèves du fait que son acquisition n'est possible qu'indirectement par une opération mathématique. Dans une étude en lien avec les difficultés des élèves avec des concepts liés à l'énergie, Goldring et Osborne (1994) présentent leurs résultats comme suit « Beaucoup d'élèves en mesure de résoudre des problèmes numériques ont montré un manque de compréhension des concepts fondamentaux, et n'étaient pas en mesure de résoudre les problèmes qualitatifs ou de révéler des connaissances déclaratives [traduction libre] » (p. 29).

Ainsi, certains élèves ne réussissent pas à expliquer les résultats numériques obtenus et démontrer leur compréhension d'un concept en électricité, par exemple. Cette

difficulté à relier calculs et concept abstrait est l'une des pièces à maîtriser pour faciliter la compréhension de la masse volumique.

Ceci nous amène à une stratégie pédagogique étudiée et développée depuis une trentaine de décennies pour favoriser la compréhension de concepts scientifiques, à savoir le conflit cognitif et, par ricochet, la contre-intuitivité.

2.3 CONFLIT COGNITIF ET CONTRE-INTUITIVITÉ

Selon Legendre (2005), un conflit cognitif se définit comme une :

« Stratégie pédagogique qui consiste à induire un doute chez le sujet à propos de ses conceptions personnelles [...] dont l'objectif est de susciter le changement d'une conception primitive vers une conception performante [...] ». (p. 273)

Cette stratégie pédagogique est largement étudiée depuis le début des années 1980 (Posner et al., 1982; diSessa, 1988; Vosniadou, 1994; Giordan, 1998a) et s'inspire des travaux de Khun sur la communauté scientifique au début des années 1970.

Lasry (2007) aborde le conflit cognitif en intégrant l'aspect émotionnel d'une manière proche de celle développée par les concepteurs du CDES. L'auteur souscrit au fait que les élèves se présentent en classe avec une certaine somme de connaissances. Il soutient que ces connaissances préalables sont souvent erronées et agissent comme un bruit de fond venant perturber l'apprentissage de concepts jugés scientifiquement

corrects. Par une approche intéressante, se rapprochant du spectacle, Lasry (2007) propose l'utilisation de la « magie » comme méthode d'apprentissage des sciences. « Ce qui est suggéré ici, c'est de créer des situations [par la magie] où les préconceptions des étudiants sont exploitées pour provoquer une attente qui n'est pas comblée. » (p. 283). Zhou (2010) insiste sur l'aspect émotionnel en précisant que « L'affectivité est un portier (cerbère). Il contrôle si oui ou non le mécanisme de l'assimilation, l'hébergement et l'équilibration se produit au cours de certaines expériences » [Traduction libre] (p.103). Une recherche effectuée sur l'un des spectacles du *Fusion Science Theater* montre que l'aspect émotionnel des élèves est pris en compte dans sa préparation (Kerby, Contor, Weiland, Babiarz et Kerby, 2010).

En ce qui a trait aux démonstrations contre-intuitives présentées au CDES, « La portée pédagogique de telles démonstrations est reconnue par les professeurs. Toutefois, le soutien technique qu'elles requièrent fait en sorte qu'on y a rarement recours. » (Lepage et Samson, 2011, p. 152).

Ici, il est intéressant de souligner que les expériences contre-intuitives sont un moyen reconnu pour aborder ce type de concepts complexes en créant un conflit cognitif « volontaire » pouvant aboutir à une réorganisation du concept ainsi bousculé (Zimmermann-Asta, 1997; Lee, Kwon, Park, Kim, Kwon et Park 2003; Duit et Treagust, 2003; Eastes et Pellaud, 2004; Bêty, 2010). De plus, « [...] l'expérience contre-intuitive présente un intérêt pédagogique et didactique formidable, car elle permet à la fois

d'émerveiller l'élève, l'étudiant ou le grand public, de perturber leurs conceptions et de les motiver à en savoir davantage. » (Lepage et Samson, 2011, p.158).

Quiconque aborde les démonstrations contre-intuitives cherche à éliminer ou diminuer les effets des intuitions (préconceptions, conceptions erronées, p-prim²) des élèves. Giordan travaille depuis les années 80 sur les conceptions erronées et les façons de les endiguer en proposant des modèles de changement conceptuel chez les apprenants (Béty, 2010). Giordan et son équipe, plus spécifiquement Francine Pellaud et Richard-Emmanuel Eastes, étudient les effets de la contre-intuitivité pour favoriser le changement conceptuel.

Le modèle de changement conceptuel développé par diSessa en 1993 stipule « qu'un novice en physique comprend le monde avec une collection fragmentée de *pièces de savoir*³, de relations causales intuitives, des p-prim. » [Traduction libre] (p. 8). Les p-prim des jeunes sont à réorganiser, c'est pour cette raison que diSessa rejette l'idée de contre-intuitivité. Selon lui, les relations causales intuitives étant présentes chez l'élève avant l'enseignement, il convient mieux d'amener les élèves à les restructurer. Pour ce faire, diSessa (1993) préconise une connaissance des relations causales intuitives des jeunes et des interactions entre les élèves et l'enseignante ou l'enseignant pour favoriser les changements conceptuels. C'est un point de vue qui demande une lourde tâche aux

² Traduction de *Phenomenological primitives*

³ Traduction libre de *Knowledge in pieces*

enseignants puisqu'il nécessite une connaissance préalable des préconceptions des jeunes, action qui, selon nous, est plus difficile dans le cadre du primaire puisque les enseignants ne sont pas des spécialistes de l'enseignement des sciences.

2.4 CONCEPT SCIENTIFIQUE ÉTUDIÉ : LA MASSE VOLUMIQUE

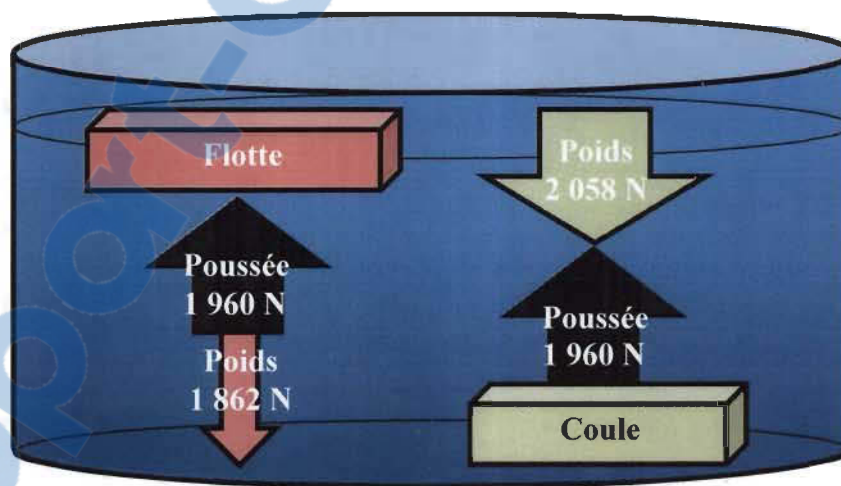
Nous abordons ici un concept classique, pour ne pas dire « antique », puisqu'il prend forme dans les nombreux travaux d'Archimède, physicien grec de l'Antiquité. Selon Vitruve, un architecte romain du premier siècle avant notre ère, le roi Hiéron II de Syracuse, ville natale de notre savant, aurait demandé l'aide du jeune Archimède pour vérifier la composition de la couronne qu'il voulait donner en offrande à Zeus. Cette couronne devait être d'or pur, mais on soupçonnait l'orfèvre d'y avoir amalgamé de l'argent pour augmenter son profit. Le savant grec, partant de l'hypothèse qu'un objet d'une masse donnée déplace une certaine quantité d'eau, eu l'idée de faire réaliser un objet d'or pur de même masse que la couronne du roi. En immergeant les deux objets, ils devaient logiquement déplacer la même quantité d'eau, s'ils étaient de même nature... ce qui ne fut pas le cas. L'histoire ne dit rien de ce qu'il advint de l'orfèvre malhonnête, mais les bases de la masse volumique étaient cependant jetées. Dans le PFEQ, le concept de masse volumique est un des concepts prescrits des propriétés physiques caractéristiques de l'univers matériel durant la première année du premier cycle du secondaire. Ce concept est également mentionné dans les orientations de l'univers technologie de la seconde année du même cycle lorsque les matériaux composites sont abordés.

Selon Landry et Mercier (1983), « La masse volumique est la masse de l'unité de volume » (p. 96). Dans le Système international d'unité, le kg/m^3 [kilogramme par mètre cube] est l'unité de base de la masse volumique. Cependant, pour faciliter le travail au niveau du laboratoire, le g/cm^3 [gramme par centimètre cube] ou son équivalent, le g/ml [gramme par millilitre] est généralement utilisé. Certains manuels scolaires du premier cycle du secondaire définissent semblablement le terme masse volumique (Gagné et al., 2005).

Ainsi, pour se donner certains repères, un centimètre cube d'eau à une température de 3,98 degrés Celsius a une masse d'exactly un gramme. De façon générale, on utilise cette même valeur de 1g/cm^3 pour la température ambiante, question de ne pas travailler avec un nombre fractionnaire. Comparativement, un centimètre cube d'air a une masse volumique de 0,0012 gramme à 20° C et le même volume d'or a une masse de 19,3 grammes à cette même température.

Malheureusement, chez certains élèves, la compréhension du concept de masse volumique se bute, tantôt aux aspects mathématiques du traitement des données, tantôt aux préconceptions des élèves. Contrairement aux scientifiques, la préconception la plus répandue parmi certains élèves est que la masse et la masse volumique sont un même et seul concept (Smith et al., 1997), ce qui accentue le niveau de difficulté pour son appropriation.

Il convient ici, selon nous, d'apporter des précisions sur le principe de flottabilité, autrement appelé la poussée d'Archimède, pour distinguer ce concept de celui de la masse volumique, deux concepts étudiés par Archimède dans le traité des corps flottants (Legrand, 1891). Comme présentée précédemment, la masse volumique est le rapport de la masse (quantité de matière) d'un objet sur le volume qu'occupe cet objet dans l'espace. La forme de l'objet n'influence en rien ce rapport. La seconde hypothèse du Traité des corps flottants d'Archimède suppose que « [...] tout corps qui, plongé dans un liquide, remonte, est poussé en haut suivant la verticale qui passe par son centre de gravité » (Legrand, 1891, p. 453). Pour simplifier, la poussée d'Archimède stipule qu'un objet placé dans un fluide (liquide ou gazeux) subira une force exercée



La poussée exercée par le poids de l'eau déplacée est supérieure au poids de l'objet, qui flotte.

La poussée exercée par le poids de l'eau déplacée est inférieure au poids de l'objet, qui coule.

Ici les deux objets déplacent le même poids d'eau. La poussée d'Archimède est identique pour les deux objets. Le poids de chaque objet s'oppose à cette poussée. L'objet rouge a un poids inférieur à cette poussée, il flotte. L'objet vert, au contraire, a un poids supérieur à la poussée d'Archimède et il coule.

Figure 1. Représentation schématique de la poussée d'Archimède

verticalement égale au poids de l'eau déplacée par l'objet immergé (voir figure 1 ci-haut). Le poids de l'eau déplacé par un objet permet de chiffrer la poussée d'Archimède. En physique, le poids de l'eau (W_{eau}) est égal à la force gravitationnelle (F_g) obtenue par le produit de la masse d'eau déplacée (m_{eau}) par la constante gravitationnelle ($G = 9,8$ newtons/gramme) représenté par la formule $W_{\text{eau}} = F_g = m_{\text{eau}} \times G$. Donc, un objet de moins de 190 grammes ($W_{\text{objet}} = m_{\text{objet}} \times G = 190 \text{ g} \times 9,8 \text{ N/g} = 1\,862 \text{ N}$) qui déplace une masse d'eau de 200 grammes, c'est-à-dire un poids d'eau correspondant à une force de 1 960 newtons ($F_g = 200 \text{ g} \times 9,8 \text{ N/g}$), flottera. La force exercée par l'eau déplacée par l'objet (poussée d'Archimède de 1 960 N), vers le haut, étant supérieure à la force gravitationnelle due à son poids ($210 \text{ g} \times 9,8 \text{ N/g} = 2\,058$ newtons) sera supérieure à la poussée d'Archimède. (Voir l'explication présentée dans la Figure 1, page 31). Donc, la force exercée par la poussée d'Archimède pour un porte-avions est supérieure à la force gravitationnelle (poids) de ce navire, et ce malgré sa masse très importante.

La présentation du concept de masse volumique nous mène à la formulation de nos objectifs de recherche. Ainsi, l'objectif général de notre recherche est de décrire et observer les effets potentiels de la participation à une conférence-démonstration pour des élèves de deuxième année du premier cycle secondaire quant à l'apprentissage de concepts scientifiques. Un premier objectif spécifique est de décrire et observer l'impact d'une visite au CDES sur la compréhension du concept de masse volumique chez ces mêmes élèves. Un second objectif spécifique de notre recherche est de décrire et observer

les effets possibles de la réalisation d'une séquence d'enseignement sous forme d'ateliers-laboratoires liés au concept de masse volumique sur la compréhension de cette dernière.

Nous venons de le voir, les concepts à l'étude, constituant notre cadre conceptuel, permettent d'apporter un éclairage à la problématique soulevée et nous a permis de préciser nos objectifs de recherche. Le cadre étant délimité, la prochaine section présente la méthodologie retenue visant à répondre à notre questionnement de recherche.

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

Notre recherche s'élabore autour du concept de masse volumique et de sa compréhension par des élèves du premier cycle du secondaire par l'entremise d'une participation à une conférence-démonstration présentant des expériences contre-intuitives. Puisque nous voulons décrire et observer les effets ou l'impact d'une telle participation sur un petit groupe d'élèves, nous utiliserons une approche méthodologique qualitative, interprétative et descriptive du type recherche exploratoire. Comme spécifié par Trudel, Simard et Vonarx (2007) « La recherche exploratoire peut viser à clarifier un problème qui a été plus ou moins défini. » (p. 39). Plusieurs auteurs décrivent semblablement cet aspect de la recherche exploratoire (Fortin, 2010; Karsenti et Savoie-Zajc, 2011). Selon nos recherches dans la littérature, peu de travaux traitent de la relation entre la compréhension d'un concept et une conférence présentée dans un centre du type du CDES. Notre recherche vise à observer et décrire l'impact d'une conférence/démonstration du CDES sur la compréhension de la masse volumique chez les élèves de deuxième année du premier cycle secondaire. En ce sens, notre travail cadre bien avec cette visée de la recherche exploratoire qu'est l'acquisition de nouveaux savoirs sur un phénomène peu étudié. Trudel, Simard et Voranx (2007) précisent également que la recherche exploratoire apporte des connaissances nouvelles sur un sujet inconnu. Notre collecte de données implique une collaboration et une participation de l'étudiant-chercheur⁴ avec les élèves participant ainsi qu'avec les concepteurs de la

⁴ L'étudiant-chercheur porte aussi différents chapeaux ici; tantôt celui de l'enseignant, tantôt celui de l'animateur de la conférence-démonstration au CDES.

conférence/démonstration du CDES. Bien qu'exploratoire, il est important de noter que notre recherche est appliquée dans une optique pédagogique et didactique.

Ainsi, le troisième chapitre se divise en quatre sections : 1. Participants, 2. Instruments et outils de recherche, 3. Présentation des résultats et 4. Pertinence sociale et scientifique.

3.1 PARTICIPANTS

Les élèves sont répartis en six groupes provenant de cinq programmes différents : deux groupes proviennent du programme d'Éducation internationale, un du programme *English Concentration*, un du programme de Musique, un du programme Omni-Science-Informatique-Multimédia et un du programme Sport Plus. Ces élèves âgés de 13 et 14 ans sont tous inscrits au cours de Science et technologie dans une école secondaire de la Mauricie. Parmi ceux-ci, deux groupes sont retenus pour participer à la recherche (*English Concentration* et Sport Plus). Le premier groupe est constitué d'élèves avec de bons résultats académiques et ne présente pas d'élèves ayant un comportement difficile. Il se compose de quatorze filles et de trois garçons, pour un total de dix-sept élèves pour la passation du prétest. Deux des filles sont absentes du post-test. Le second groupe est composé de quelques élèves qui présentent plus de difficultés académiques associées à une moins grande motivation pour l'école que ceux du groupe d'*English Concentration*.

Ce groupe est formé de vingt-six élèves répartis en cinq filles et vingt-et-un garçons. Nous supposons que cette différence entre les deux groupes permettra de faciliter l'analyse et l'interprétation des résultats, sans vouloir en faire une étude comparative. Ces deux groupes furent choisis en fonction de l'horaire des cours et selon la disponibilité du CDES.

3.2 INSTRUMENTS ET OUTILS DE RECHERCHE

Nous avons utilisé un questionnaire (prétest) dont la compilation des réponses obtenues nous permet d'analyser leurs conceptions en lien avec la masse volumique. Le protocole de notre recherche a été mis au point et adapté de Abrougui et Clément (1996). Après des actions pédagogiques, ces conceptions sont revisitées à l'aide d'un questionnaire (post-test) et d'une rencontre avec un groupe de discussion composé de huit élèves volontaires ayant participé à la recherche. Les actions pédagogiques s'effectuent dans un premier temps à l'occasion d'une visite scolaire au CDES (milieu non formel), et par la suite en classe (milieu formel) par l'entremise d'une séquence d'enseignement sous forme de laboratoire, séquence planifiée et mise en œuvre par l'étudiant-chercheur. Tous les élèves participent aux actions pédagogiques et à la conférence-démonstration du CDES, qu'ils prennent part ou non à notre recherche. Le protocole mis en œuvre cherche à évaluer l'impact des éléments suivants : prédiction d'effets suite à des mises en situation (prétest, post-test et groupe de discussion) et, mesure et/ou estimation adéquate de la

masse volumique de façon théorique en plus de vérifier l'apport de la visite au CDES (groupe de discussion).

La collecte de données est complétée par un groupe de discussion à partir d'un canevas d'entretien semi-dirigé. Abrougui et Clément (1996) précisent que « [...] par des entretiens les enfants ont verbalisé des jugements qui recourent les résultats de nos analyses » (p. 54). De plus, la tenue d'un journal de bord par l'étudiant-chercheur, permet la triangulation des données (Fortin, 2010).

Pour faciliter la lecture et la compréhension de notre design de recherche, le tableau 1 (page 41) permet de résumer l'essentiel de la collecte de données.

Au temps 1 de notre recherche, les 43 participants répondent au questionnaire du prétest comprenant quatre sections où ils doivent préciser : 1. Des définitions de termes, 2. La valeur de la masse volumique et ses unités de mesure, 3. Leurs compréhensions de mises en situation théoriques et 4. La résolution de problèmes théoriques calculant la masse volumique.

Au temps 2, les élèves des deux classes d'où proviennent les participants de notre étude assistent à la conférence-démonstration sur les forces du CDES animé par Monsieur Martin Lepage.

Au temps 3, les participants à notre recherche passent le post-test qui comporte les mêmes questions que le prétest.

Au temps 4, les participants du groupe Sport Plus participent aux ateliers du PREST[®] que permettent d'expérimenter (prédiction, action et réflexion) les effets de la masse volumique sur certains objets usuels. Le but des trois ateliers était d'observer la part de prédiction et de dégager des indices de compréhension des participants aux ateliers pour mieux cerner la compréhension que pouvait avoir les élèves dans le cadre du laboratoire. Ces trois ateliers furent inspirés des activités du PREST[®] proposé aux écoles de la région de la Capitale Nationale. Nos ateliers en sont directement inspirés pour notre cueillette de données. Six équipes, comprenant cinq élèves chacune, ont réalisé ces ateliers à raison de deux équipes par atelier d'une durée de vingt minutes. Deux stations de chaque atelier étaient montées dans la classe-laboratoire de l'étudiant-chercheur. Les ateliers 1 et 2 consistaient à prédire le comportement de divers objets et végétaux (flottant et coulant) immergés dans un bassin d'eau et à émettre une hypothèse sur le comportement attendu avant de procéder à l'expérimentation, pour finalement tenter d'expliquer les résultats. Les bonnes comme les mauvaises hypothèses devaient être expliquées. Dans l'atelier 3, divers matériaux (feuille d'aluminium, contenant de plastique, carton) et des billes étaient disposés sur le plan de travail, et on demandait aux élèves de faire flotter le plus de billes possibles. Trois suggestions différentes étaient demandées en plus d'une hypothèse, assortie d'une explication, pour chacune des trois. Le volume du contenant retenu ainsi que la masse des billes devaient être calculés tout

comme la masse volumique. Les élèves n'étaient pas dirigés, mais invités à bien suivre la planification proposée et à prendre un temps de discussion et de réflexion avant de compléter le document de laboratoire.

Au temps 5, huit volontaires du groupe « Sport Plus » participent à un groupe de discussion semi-dirigé où les questions abordent les trois étapes vécues par les participants à la recherche, c'est-à-dire les prétests et les post-tests, la conférence-démonstration du CDES et les ateliers « Flotte/Coule ».

Une étape supplémentaire incombe finalement à l'étudiant-chercheur sous la forme d'un journal de bord utilisé pour noter les impressions et les difficultés et pour compléter sa collecte de données. Elle vise également l'amélioration des pratiques enseignantes du chercheur.

Tableau 1
Organisation de la collecte de données

<p>Prétest sur la masse volumique $n_{ec} = 17$ $n_{sp} = 26$ ①</p>	<p>Conférence-démonstration au CDES $n = 43$ ②</p>	<p>Post-test sur la masse volumique $n_{ec} = 15$ $n_{sp} = 26$ ③</p>	<p>Rédaction d'un journal de bord (tout au long de la collecte de données)</p>
<p>Enseignement (pour le groupe SP uniquement) sous forme d'ateliers Flotte/Coule inspirés du PREST⁵ ④</p>			
<p>Groupe de discussion (semi-dirigé) $n = 8$ (volontaires) (pour le groupe Sp uniquement) ⑤</p>			

Population accessible : 150 élèves

Échantillon : 43 élèves (2 classes : *English Concentration (ec)* et *Sport Plus (sp)*)

Précisons également qu'un certificat d'éthique a été émis par le Comité d'éthique de la recherche de l'UQTR. Le certificat éthique a été délivré le 25 janvier 2013 et renouvelé pour une période supplémentaire d'une année en janvier 2014. (Voir appendice 1). De plus, le consentement des titulaires de l'autorité parentale fut exigé pour participer à la recherche.

⁵ PREST : Pôle régional pour l'enseignement de la science et de la technologie

3.3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Nos résultats pourront présenter des conceptions conjecturelles d'élèves dans le sens défini par Clément (1994), car elles sont inférées par les réponses de ces élèves. Pour Clément (1994), les conceptions conjecturelles représentent les conceptions « ... qui sont mobilisées (en mémoire de travail) dans la situation précise (dialogue, apprentissage, réalisation d'une tâche,...). » (p. 21). L'auteur qualifie ces conceptions de conjecturelles pour les distinguer de l'ensemble des conceptions d'un élève. De plus, Neiryck (1999) est d'avis que :

« D'un point de vue didactique, il est essentiel de faire cette distinction, car les conceptions conjoncturelles sont les informations avec lesquelles l'enseignant peut compter directement pour agir afin d'obtenir un apprentissage et, donc, une modification des connaissances des étudiants. » (p. 326)

L'apparition de telles conceptions conjecturelles à la suite à la visite du CDES et de la présentation de la séquence d'enseignement sous forme de laboratoire devrait nous permettre d'inférer sur la compréhension des élèves à partir des questionnaires, puis de l'entretien semi-dirigé réalisé avec le groupe de discussion.

Notre chapitre quatre présente des réponses et verbatim tirés directement des questionnaires de prétests et post-tests, des feuillets d'ateliers Flotte/Coule (voir appendice 2) et de l'entretien semi-dirigé qui viennent appuyer notre analyse. Chaque verbatim est associé à un élève par un code (par exemple EC Pr 12 F) identifiant son groupe (EC ou SP), le prétest (Pr) ou post-test (Ps), un numéro attribué aléatoirement à l'élève (ici 12) et la lettre F ou M pour préciser son sexe. Aucune correction

orthographique, grammaticale ou syntaxique n'a été apportée au texte original des répondants, texte placé entre guillemets lorsque présenté.

3.4 PERTINENCE SOCIALE ET SCIENTIFIQUE

Au plan social, notre recherche permettra d'en apprendre davantage sur les effets d'une visite au CDES, ici traité comme un musée au sens large, le milieu est nouveau, dans la région et offert aux élèves du primaire et du secondaire comme, aux étudiants des cycles supérieurs et au grand public.

Au plan scientifique, nombreuses ont été les recherches portant sur les conceptions des élèves, que ce soit en didactique de la biologie (Giordan et Martinand, 1988), en didactique de la chimie (Martinand, 1993; Giordan et Pellaud, 2004) et en didactique de la physique (Bêty, 2010; Métioui et Samson, 2011). Or, à notre connaissance, peu de recherches à ce jour et à notre connaissance ont porté sur l'impact d'une visite au CDES sur les conceptions et la compréhension de concepts scientifiques par les jeunes dans lesquelles des expériences contre-intuitives sont au cœur même de la démarche.

Au plan académique, nous présenterons des suggestions pour améliorer les pratiques enseignantes dans l'optique de favoriser une meilleure compréhension du concept de masse volumique par les adolescentes et adolescents du premier cycle secondaire. Après la présentation de la problématique, du cadre conceptuel et la de la méthodologie, il convient de présenter les résultats de notre recherche.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS, ANALYSE, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, la présentation des résultats est divisée en trois parties. Dans un premier temps, la présentation des questions des prétests et post-tests (voir appendice 3) est séparée en quatre blocs distincts : 1. Définitions, 2. Connaissances, 3. Compréhension et 4. Application. Un tableau comptabilisant les résultats attendus pour chacun des deux groupes (*English Concentration* et Sport Plus) inclut un rappel de question sous la forme de titre. La seconde partie présente les résultats du laboratoire réalisé par les élèves du groupe « Sport Plus » uniquement. Finalement les résultats du groupe de discussion effectué exclusivement par le groupe « Sport Plus » complètent ce chapitre. Par la suite, l'analyse, l'interprétation et la discussion pour chacune de ces trois parties.

4.1 RÉSULTATS DES PRÉTESTS ET POST-TESTS

Les résultats relatifs aux prétests et aux post-tests sont présentés sous forme de tableau identifiant le nombre d'élèves ayant fourni une réponse jugée adéquate. Par réponse adéquate, nous entendons une bonne réponse avec ou sans explication. Certains tableaux présentent une valeur en caractère gras et une seconde entre parenthèses dans un même espace, **11** (10) par exemple. La première exprime le nombre total de réponses valables pour cette question, 11 selon l'exemple, et la seconde illustre les réponses sans explication, ici au nombre de 10. Il est toutefois nécessaire de préciser que la valeur présentée ne tient compte que des réponses adéquates et non des individus ayant donné ces réponses. Les résultats aux prétests et aux post-tests sont répartis en quatre sections: une pour les questions demandant la définition d'un concept, la seconde associée à une valeur de référence, la troisième, plus longue, liée à la compréhension de la masse

volumique, et la dernière exigeant des habiletés mathématiques pour calculer la masse volumique dans deux mises en situation écrites (voir questions 9 et 10 de l'appendice 3).

4.1.1 Définitions : questions 1 et 2

Le tableau 2 (voir page suivante) présente les résultats des répondants des deux groupes aux deux premières questions tirées du questionnaire, tant en prétest qu'en post-test. Les nombres représentent les réponses jugées correctes pour ces deux questions. Les réponses exactes, avec ou sans explication, étaient considérées comme correctes. Des commentaires sont associés aux explications des répondants, commentaires retenus par l'étudiant-chercheur ou émanant de son journal de bord.

Pour la question 1 portant sur la définition de la masse volumique, tant en prétest qu'en post-test, à la lecture des explications des élèves, il ressort qu'une confusion existe entre les concepts de masse volumique, masse, volume, volume massique, poids, et attraction gravitationnelle. Parmi les réponses que nous jugeons valables pour cette clientèle, deux élèves ajoutent une explication erronée en associant le résultat de l'opération mathématique permettant de calculer la valeur de la masse volumique au volume d'un objet plutôt qu'à la masse volumique elle-même (par exemple Ec Pr4 F⁶ : « C'est la masse / par le volume d'un objet qui correspond à la place que prend l'objet dans

⁶ Code référent à un répondant (ex. Ec Pr4 F) : la phrase entre guillemets est la reproduction textuelle de sa réponse, sans correction orthographique, grammaticale ou syntaxique. Comme précisé dans la section 3.3 Résultats, analyse, interprétation et discussion.

l'air. ») ou en fournissant une opération mathématique erronée (par exemple Ec Pr16 F : « Elle représente la masse + le volume d'un objet quelconque. »). De plus, ces deux explications permettent de constater l'absence de maîtrise du concept de masse volumique malgré la connaissance de l'opération mathématique se rattachant au calcul de celle-ci. Par exemple, à la question 1, Ec Pr 5- définit la masse volumique en ces termes « La masse volumique est la réponse obtenue en divisant la masse par le volume » mais le même élève, à la question 8 place l'eau sur l'huile lorsque 25 ml d'eau sont mélangés à 75 ml d'huile bien que les masses volumiques des deux liquides soient données dans la question.

Tableau 2

Définitions de la masse volumique et de la densité

Question 1			
Définition de la masse volumique			
Résultats valables	Prétest	Post-test	<u>Commentaires de l'étudiant-chercheur</u> Aucune amélioration des réponses correctes. Grande confusion de termes et de notions (masse, poids, volume, masse volumique, volume massique et même attraction gravitationnelle)
EC	7	7	
SP +	4	4	
Total des résultats	11	11	
Question 2			
Définition de la densité			
Résultats valables	Prétest	Post-test	<u>Commentaires de l'étudiant-chercheur</u> Aucune notion de la densité et aucune acquisition du concept au cours de la recherche.
EC	0	0	
SP +	0	0	

Total des résultats	0	0	Confusion avec les termes : densité de population, tension et pression, dense et dureté.
---------------------	---	---	--

De plus, lorsque les réponses des participants sont correctes, nous constatons qu'ils fournissent des réponses opérationnelles, c'est-à-dire que les élèves utilisent une formule mathématique ($\rho_{\text{masse volumique}} = \text{masse} \div \text{volume}$) généralement sans les unités (g/ml ou g/cm³) pour répondre à la question. Un peu plus du quart de l'ensemble des répondants (11 élèves sur 43) donne une explication valable de la masse volumique sous forme d'opération mathématique (masse divisée par volume). Ce résultat est loin du seuil minimal de réussite scolaire généralement reconnu comme étant de 60 %.

Notons également que pour répondre à la première question, aucun élève n'a utilisé de définitions du type « masse de un millilitre de matière », « masse, exprimée en gramme, de un millilitre de substance » ou « masse d'un volume donné de matière », correspondant à une définition explicative de la masse volumique plutôt qu'opérationnelle. Legendre (2005) présente, du point de vue linguistique, le terme « définition opérationnelle » également appelé « définition génétique » comme étant la « Définition d'un concept, d'un état ou d'une situation par la somme d'opérations à effectuer pour produire le terme à définir. » (p. 358). Cette définition se rapproche de notre « réponse opérationnelle », c'est-à-dire : l'utilisation d'une opération mathématique pour répondre ou fournir une explication à une question en lien avec le concept de masse volumique.

Devant l'absence de réponses jugées correctes à la question 2 : Dans tes mots, explique ce que représente la densité?, et ce pour les deux groupes (EC et SP), il devient difficile de réaliser une analyse en profondeur. Néanmoins, les rares explications nous permettent de tirer quelques informations intéressantes et de tenter d'interpréter le tout au regard de la compréhension.

Ainsi, le terme densité, lié à la masse volumique dans son sens scientifique (c'est-à-dire *Rapport de la masse volumique d'un objet à la masse volumique de l'eau à 3,98 °C (1 g/cm³) sans unité de mesure puisqu'il s'agit d'un rapport*), est confondu avec la locution « densité de population ». En effet, nous émettons l'idée que le lien fait par certains élèves découle du concept d'écologie vu en première année du premier cycle secondaire, et ce, pour une très faible proportion des jeunes ayant participé à notre étude.

Il existe également une confusion avec les termes tension et pression, nouvellement abordés dans le chapitre de l'univers technologique au sujet des forces appliquées sur les matériaux (par exemple la tension appliquée à un ressort ou la pression exercée sur une surface quelconque). De même, l'écrasement d'une canette de boisson gazeuse par la pression atmosphérique lors d'une expérience de laboratoire est peut-être à l'origine d'une certaine confusion (Chapitre Terre et espace vu avant la collecte de

données). Finalement, un rapprochement associé au terme « dense » [Qui est compact, épais]⁷ est observé chez un jeune sur dix.

Dans le groupe SP, le terme densité est également confondu avec la dureté (propriété caractéristique des minéraux vue dans le chapitre *Terre et espace*) chez quelques élèves de ce groupe. La grande spontanéité de certains participants de ce groupe (majoritairement des garçons sportifs) et la proximité dans le temps d'activités de laboratoire axées sur les propriétés caractéristiques des minéraux peuvent être avancées, selon nous, pour expliquer ce type d'association. En raison de contraintes dans l'horaire et le temps, la collecte de données ne s'insérait malheureusement pas facilement dans le chapitre traitant directement de la masse volumique (*Univers matériel*), mais fut réalisée plus tard lors du chapitre *Terre et espace* où la détermination expérimentale de la masse volumique des minéraux est l'une des propriétés caractéristiques recherchées. Nous ne parvenons pas à établir le lien tissé par les élèves entre la dureté et la densité, outre le fait que les deux termes ont une ressemblance orthographique et « auditive ». À notre connaissance, aucun article de recherche ne fait référence à une quelconque confusion entre ces deux termes. Une telle relation serait surprenante du côté anglo-saxon, puisque les deux mots ont une orthographe différente (*density* et *hardness*). Précisons ici que la mesure de la dureté est obtenue par une suite de manipulations d'un minéral que l'on tente de rayer avec les objets de plus en plus durs (respectivement ongle, cent, clou ou canif) et ceci sans opérations mathématiques.

⁷ Dictionnaire Robert 1983

Dans un autre ordre d'idées, nous croyons que les faibles taux de réussite aux questions 1 et 2 s'expliquent par la difficulté à maîtriser le concept de masse volumique, à savoir : confusion avec le principe de flottabilité, mesure indirecte, rapport entre deux mesures, etc., comme l'ont conclu certains auteurs (Smith et al., 1997; Benedis-Grad, 2006; Hard et al., 2006; Dawkins et al., 2008). Pourtant, il est légitime de s'étonner de cette faible réussite du fait que ce concept est abordé indirectement dès le second cycle du primaire (concepts de densité et flottabilité) et directement au premier cycle du secondaire comme stipulé dans le Programme de formation de l'école québécoise (MELS, 2006b). Le concept de masse volumique est de plus présenté dans les manuels scolaires proposés pour les cours de sciences et technologie par les principales maisons d'édition québécoises (Editions du Renouveau Pédagogique Inc -Pearson Education-, Les éditions CEC, Éditions Grand Duc, LIDEC, etc.).

De plus, la grande confusion relevée dans nos résultats entre les concepts de masse volumique, masse, volume, poids et attraction gravitationnelle, pour définir la masse volumique et la densité, nous incite à croire qu'une attention particulière devrait être apportée au vocabulaire scientifique (compétence 3 du programme de S&T). Comme le soulignent, Xu et Clarke (2012),

« Alors que la densité est généralement définie comme la quantité de la masse par unité de volume, la compacité désigne le nombre d'objets dans une certaine zone ou volume. Une telle confusion est le résultat de l'usage courant du terme " densité " dans le langage de tous les jours pour signifier " compacité ", comme dans le cas de " densité de population " » [traduction libre] (p. 770).

Assurément, une prise de conscience de la part des enseignants est nécessaire pour bien poser les bases linguistiques requises pour la compréhension de concepts scientifiques. Sans un certain débroussaillage des termes scientifiques, les concepts demeurent inaccessibles.

Malheureusement, d'autres facteurs plus terre à terre peuvent expliquer la faible réussite aux questions 1 et 2. Ainsi, les actions de certains élèves lors des post-tests (la vitesse d'exécution, les questions laissées sans réponses au post-test alors que répondues en prétest, les commentaires émis lors de la présentation du projet et de l'activité de laboratoire avec le groupe SP et la passation de post-test lui-même, considérée par certains jeunes comme une perte de temps, etc.) contribuèrent malheureusement à effectuer le post-test de façon expéditive. Pour contrer ces facteurs négatifs, une présentation soulignant davantage l'importance du projet de recherche par l'étudiant-chercheur aurait pu éveiller les jeunes à l'importance de répondre au mieux de leurs connaissances et souligner la constance dans l'effort à fournir. Ce constat permet également de jauger le faible taux de motivation des jeunes ayant pourtant accepté de participer volontairement à la recherche.

4.1.2 Connaissances : question 3

Le tableau 3 présente les résultats relatifs aux connaissances (dans le sens de connaître, savoir quelque chose) de la valeur et des unités de la masse volumique et

découle de la question 3. Ainsi, dans la colonne de gauche, les résultats pour le prétest et dans la colonne de droite, pour le post-test, sont présentés tant pour le groupe *English concentration* (EC) que le groupe Sport Plus (SP). La colonne de l'extrême droite fait état des commentaires de l'étudiant-chercheur au regard des résultats des répondants.

Tableau 3

Valeur et unités de la masse volumique de l'eau

Question 3			
Connaissance de la valeur et des unités de la masse volumique de l'eau			
Résultats valables	Prétest	Post-test	<u>Commentaires de l'étudiant-chercheur</u> Seules les réponses donnant à la fois une valeur et les unités de mesure de la masse volumique figurent dans ce tableau.
EC	5	5	
SP+	3	3	
Total des résultats	8	8	

Avec de tels résultats (moins d'un cinquième de réponses attendues pour les deux groupes confondus), le seuil de réussite du MELS fixé à 60 % est encore loin d'être atteint. Nous avons également observé que quatre filles sur dix-neuf participantes obtiennent une définition de la masse volumique acceptable (définition opérationnelle) ainsi qu'une bonne réponse à la question 3. De façon globale, il ressort des résultats de cette question que peu de jeunes connaissent la valeur de la masse volumique comme point de référence, ce qui s'avère utile comme point de comparaison et nécessaire pour prédire le comportement d'objets immergés. Le rapport de la masse volumique de l'objet sur celle de l'eau, par exemple, permet de connaître la densité de l'objet.

Les unités de mesure sont généralement présentes et justes (g/ml) chez les répondants lorsque la bonne réponse pour la masse volumique est donnée. On peut avancer que certains élèves retiennent par cœur cette valeur, largement utilisée et nommée depuis le primaire (Bouchard, 2002; Leroux, Dumas, Bertrand et Lussier, 2004) et présentée (concept de masse volumique) comme un savoir essentiel à partir du second cycle du primaire (MELS, 2006a). Plus spécifiquement dans le groupe EC, l'association ou la relation entre la définition opérationnelle de la masse volumique donnée à la question 1 et sa valeur donnée à la présente question pour quatre élèves sur dix-sept répondants annonce au pire une excellente mémorisation ou, au mieux, un début de compréhension. Pour Samson (2004), en admettant que certains répondants du groupe EC aient appris par cœur la valeur et les unités de la masse volumique de l'eau, cet exercice de mémorisation relève de « [...] l'apprentissage pur et simple (apprendre par cœur, par exemple) nécessite des habiletés et des connaissances de surface alors que la compréhension exige davantage de profondeur. » (p. 22).

Les quelques questions réussies à la question 3, « Connais-tu la valeur de la masse volumique de l'eau ? », mettent au jour également l'absence de points de référence chez certains élèves, nécessaires à la compréhension ou du moins à la comparaison avec la masse volumique de l'eau. En l'absence de cette référence ($\rho = 1 \text{ g/ml}$), il est impossible de prédire quelle matière flotte ou coule lorsque le principe de flottabilité n'intervient pas dans une expérience.

Dans ce contexte, même en connaissant la masse volumique de l'eau comme point de référence, il y a fort à parier que cette information ne soit pas prise en compte par les élèves pour prédire le comportement d'un objet placé dans l'eau. L'absence de point de référence peut possiblement trouver écho dans l'observation suivante relevée par Laliberté (2013), compte tenu du nombre de valeurs (masse, volume, masse volumique et valeur de la masse volumique) en jeu.

« Plusieurs de ces chercheurs [Biddulph et Osborne, 1984; Hardy, Jonen, Müller et Stem, 2006; Joung, 2009; Michaud, 1970] ont constaté les limites cognitives des élèves; ces derniers considèrent une seule dimension (p. ex., la masse, le forme de l'objet ou la présence de l'air) et omettent de mettre en relation le poids de l'objet et celui du fluide déplacé. » (Laliberté, 2013, p. 27)

De plus, Bachelard (1934/1967; cité par Laliberté, 2013) précise que « L'équilibre des corps flottants fait l'objet d'une intuition familière qui est un tissu d'erreurs. » (p. 27). Ces observations, bien que traitant plus spécifiquement de la flottabilité, sont importantes pour étudier la compréhension, par les élèves, de concepts complexes comme la masse volumique.

En ce qui a trait à la présence de l'air discuté par Laliberté (2013) dans sa thèse de doctorat, argument observé dans certaines réponses des élèves interrogés, elle influence surtout la masse de l'objet et par conséquent son poids, sans toutefois modifier la poussée

d'Archimède. L'objet flottera plus facilement si son poids est diminué par la présence d'air dans le matériau qui le compose.

4.1.3 Compréhension : questions 4 à 8

Le tableau 4 (voir page 58) présente les résultats des questions 4 à 8 concernant l'effet de l'immersion d'une pièce de monnaie sur le volume d'eau d'un cylindre, l'immersion de quatre objets dans un bassin, la disposition spatiale de quatre puis deux liquides de masse volumique connue et de même volume dans un cylindre gradué, et finalement, la répartition spatiale de deux liquides de masse volumique connue, mais de volume différent. Comme pour les tableaux 2 et 3, la colonne de gauche, les résultats pour le prétest, et la colonne de droite, pour le post-test sont présentés, tant pour le groupe *English concentration (EC)* que Sport Plus (SP). La colonne de l'extrême droite permet de relater les commentaires de l'étudiant-chercheur au regard des résultats des répondants. Ainsi, il ressort peu de différences entre les résultats du prétest et du post-test, et ce, pour les deux groupes questionnés pour l'ensemble de ces cinq questions.

La question 4 (On place une pièce de monnaie dans un bécher contenant 25 ml d'eau, que se passera-t-il ?) est partiellement réussie par les 43 participants. Un peu moins de sept répondants sur dix obtiennent une partie de la réponse (répartition spatiale adéquate, mais explication erronée, lorsqu'une explication est donnée) pour les deux groupes. Souvent, la masse ou le poids de la pièce de monnaie est avancé pour expliquer

que cette dernière coulera, ce qui permet déjà de reconnaître une mauvaise compréhension du concept de masse volumique.

Aucune réponse liant l'augmentation du niveau de l'eau dans le cylindre au volume occupé par la pièce n'est présentée par les répondants, ce qui était pourtant la réponse attendue au plan scientifique. Cette relation entre le volume de la pièce et l'augmentation du niveau de l'eau dans le cylindre gradué, comme explication, aurait

Tableau 4

Questions en lien avec la compréhension de la masse volumique

Question 4			
Effet de l'immersion d'une pièce de monnaie sur le volume d'eau d'un cylindre			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	9	10	Peut être lié à la démonstration de l'immersion de la boule de quilles au DES (voir figure 2 page 61)
SP+	19	21	
Total	28	31	
Question 5			
Flotte/Coule pour 4 objets (bateau, gomme à effacer, clou et styromousse)			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	2	2	Langage courant versus langage scientifique (léger vs ρ). Présence d'air (justification).
SP+	3	3	
Total	5	5	
Question 6			
Organisation spatiale de 4 liquides de volumes identiques et ρ * connus (alcool, huile, eau et mercure) * ρ = symbole de la masse volumique			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires
EC	11 (10)	12 (10)	Réponses Correctes (sans explication). Nombreuses bonnes réponses, mais calculs erronés. Manque d'enthousiasme important pour cette deuxième passation (le questionnaire étant malheureusement perçu comme une corvée).
SP+	18 (16)	15 (15)	
Total	29 (26)	27 (25)	
Question 7			
Organisation spatiale de 2 liquides de volume identiques et ρ connus (huile et eau)			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	13 (10)	12 (11)	Réponses Correctes (sans explication). Bonnes réponses, mais calculs erronés.
SP+	16 (14)	15 (13)	
Total	29 (24)	27 (24)	
Question 8			
Organisation spatiale de 2 liquides de volume différents et ρ connus (huile et eau)			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	5 (5)	7 (7)	Réponses Correctes (sans explication). Bonnes réponses, mais calculs erronés. Le calcul de la masse à partir de ρ donne les mauvaises unités ou une mesure inutile.
SP+	11 (11)	10 (9)	
Total	16 (16)	17 (16)	

été un argument « de poids » pour prouver la compréhension du concept de masse volumique.

Lorsqu'on compare les deux classes ayant participé à l'étude, ce sont les jeunes du groupe SP qui performant le mieux pour la question 4. Plus des sept dixièmes des élèves du groupe SP fournissent une réponse positive partielle (c'est-à-dire une bonne description de l'effet, mais une mauvaise interprétation de la cause) contre à peine six jeunes sur dix pour le groupe EC. Curieusement, dans notre pratique d'enseignant, nous avons souvent observé que certains groupes ayant des résultats scolaires supérieurs à la moyenne performant moins dans les travaux pratiques de laboratoire. La question 4, bien que théorique, étant liée à la manipulation d'objets, les résultats pour cette question renforcent cette observation émanant de notre pratique, puisque que nous observons plus de réponses correctes pour le groupe SP ayant habituellement un résultat académique plus faible. Le gros bon sens semble primer chez certains jeunes reconnus académiquement moins forts, et les travaux pratiques, comme les questions théoriques y ayant trait (questions 4 à 8), commandent souvent cette utilisation du gros bon sens. Cette observation pourrait expliquer les résultats supérieurs du groupe SP sur le groupe EC, du moins pour cette question.

Une seule réponse opérationnelle sur 43 répondants (opération mathématique réalisée avec malheureusement des unités de mesure erronées) fut donnée. La réponse de l'élève Sp Pr21 G est la suivante : « L'eau va monter et ensuite tu soustrais ex : 25 monte

a 28 tu soutrais $28-25= 3\text{g/ml}$ ». Ici, un lien peut être établi avec la conférence-démonstration du CDES où le volume d'eau ne fut pas modifié par l'immersion d'un objet (voir figure 2, page suivante); seul le niveau de liquide augmente. Dans la conférence-démonstration du CDES, pour illustrer la poussée d'Archimède, une boule de quilles suspendue à un dynamomètre⁸ est immergée dans un bassin d'eau. Avant l'immersion, une caméra jumelée à un écran donne à l'auditoire le poids de la boule de quilles comme indiqué par le dynamomètre. Ensuite, une diapositive présente une question avec réponses à choix multiples : Que se passera-t-il lors de l'immersion de la boule de quilles dans l'eau? a) Le poids de l'eau augmente; b) Le poids de la boule diminue; c) Le volume d'eau augmente; d) Le poids de la boule augmente; e) Il ne se passe rien.

⁸ Dynamomètre : Instrument utilisé pour mesurer l'intensité d'une force ou d'un couple. (Grand dictionnaire terminologique : <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/Resultat.aspx>)



Figure 2. Immersion de la boule de quilles suspendue à un dynamomètre lors d'une conférence-démonstration au CDES

Par le truchement de la caméra, l'auditoire est à même de constater que le poids de la boule de quilles diminue à la suite de son immersion dans le bassin. Cette diminution est directement liée à la poussée d'Archimède. Elle illustre pourquoi un objet est plus facile à déplacer dans l'eau que dans l'air. La réponse « c » est donc la bonne. Aux jeunes qui ont choisi la réponse « c » c'est-à-dire « Le volume d'eau augmente » on précise, en retirant la boule du bassin, que seul le niveau de l'eau a augmenté et non le volume d'eau

lui-même. Cette partie de la conférence-démonstration aurait pu influencer la réponse donnée en post-test pour expliquer l'augmentation du volume total dans le cylindre gradué à la suite de l'immersion de la pièce de monnaie. Toutefois, le manque d'explications des répondants dans le questionnaire ne permet pas cette conclusion.

Deux autres réponses, pour la même question, peuvent faire écho à l'expérimentation de la boule de quille immergée dans un cylindre d'eau grâce à leur explication. « La pièce de monnaie va couler, l'eau va monter, mais la masse d'eau reste la même » pour Ec Ps14 F tout comme pour Sp Ps16 G de l'autre groupe qui précise : « L'eau va monter, mais la pièce va couler l'eau va garder la même masse ». Malheureusement, il est impossible de discriminer entre l'influence potentielle de la conférence-démonstration du CDES et les connaissances préalables des jeunes répondants ou même les savoirs acquis en classe.

Pour ce qui est de la question 5 (On place dans un aquarium contenant de l'eau les objets suivants : petit bateau-jouet, clou, gomme à effacer, morceau de styromousse. Classe les quatre objets dans le tableau suivant (section Flotte/Coule) et explique ton choix. Voir appendice 3), elle est de loin une des questions les moins bien réussies en incluant la définition du terme densité de la question 2.

À l'analyse des réponses des participants (voir tableau 4, page 58), il est possible de noter une utilisation récurrente et inadéquate des termes : légèreté, pesanteur ou masse

pour expliquer la flottabilité ou la non-flottabilité des matériaux proposés dans la question. Il est intéressant de noter que deux répondants du groupe EC utilisent tantôt la densité (Ec Pr3 F) ou la masse volumique (Ec Pr11 F) pour justifier leur choix, ce qui semble démontrer une meilleure compréhension du concept de masse volumique. Cette observation suggère que nos élèves sont confrontés à des difficultés d'ordre langagier. Dans une étude sur le langage en classe de science, Oyoo (2012) précise que les élèves rencontrent déjà des difficultés avec le vocabulaire non technique dans leur langue d'enseignement a fortiori avec le vocabulaire scientifique. Il souligne également que les difficultés liées au vocabulaire scientifique se rencontrent indépendamment de la langue (maternelle ou non), du sexe ou même du milieu culturel des élèves. Il en découle inévitablement une certaine difficulté de compréhension des concepts scientifiques. De plus, le langage familier, qualifié de non technique par Oyoo (2012), vient en quelque sorte « brouiller » le message, mais peut-être également la compréhension que se fait l'élève d'un concept reconnu comme difficile à maîtriser. Ainsi, les termes poids et masse sont souvent considérés comme des synonymes au sens commun, alors que ces concepts sont scientifiquement différents. La confusion semble être la même entre la masse volumique et la masse.

Les élèves utilisent peu de langage scientifique pour décrire des observations ou pour préciser leur pensée. Comme le précisent Cormier, Pruneau et Rivard (2004), « Plusieurs auteurs recommandent, depuis quelque temps, d'intégrer des activités langagières à l'apprentissage des sciences (Laplante, 2001; Wellington et Osborne, 2001,

Norris et Phillips, 2002; Osborne, 2002; Pruneau et Langis, 2002) en soulignant que le langage scientifique est problématique pour la plupart des élèves (de tous les milieux) dans les cours de sciences (Lemke, 1990; 1998). » (p. 178). La compétence 3 du PFEQ, « communiquer à l'aide des langages utilisés en sciences et technologie » (MELS, 2006a), fait directement référence à l'utilisation du langage scientifique.

Les concepts de masse et de poids sont encore peu maîtrisés par nos élèves et par la population en général (Penner & Klahr, 1996; Rappolt-Schlichtmann, Tenenbaum, Koepke & Fischer, 2007). Plusieurs répondants utilisent le poids dans leurs réponses pour désigner la masse malgré l'absence de l'utilisation du mot poids dans les questions des prétests et post-tests.

Les réponses attendues pour les questions 6, 7 et 8 (voir appendice 3) devaient permettre aux élèves d'utiliser uniquement la valeur de la masse volumique des différents liquides pour illustrer leur emplacement lorsque réunies dans le cylindre gradué, et ce, sans tenir compte des volumes de ces liquides. Elles permettent du même coup une bonne évaluation de la compréhension du concept.

À la question 6, plus de six dixièmes des répondants du groupe d'EC et près de sept dixièmes du groupe SP proposent une répartition exacte des liquides dans le cylindre illustré sur le questionnaire, mais malheureusement presque toutes sans explications, bien que considérées comme des réponses partielles (voir tableau 4, page 58). Sur l'ensemble

des quarante-trois répondants du prétest, vingt-neuf réponses correctes sont répertoriées, mais seulement trois sont complètes (c'est-à-dire qu'elles comportent une explication). Pour le post-test, deux réponses présentent une explication sur vingt-cinq réponses jugées correctes. Malheureusement, aucun élève ne fournit une explication acceptable permettant de mesurer sa compréhension du concept de masse volumique. Parmi ceux qui utilisent une formule mathématique pour justifier leurs réponses, aucune n'explique la répartition, pourtant juste, des quatre liquides à placer correctement dans le cylindre gradué (voir page suivante).

Parmi ceux qui présentent des calculs (pour les deux groupes confondus), la formule suivante $m \text{ (g)} = V \text{ (ml)} \times \rho \text{ (g/ml)}$ est utilisée pour trouver la masse de chaque liquide. Malheureusement, certains obtiennent des unités de volume comme unités finales, plutôt que les unités de masse attendues. Ceci amène une difficulté d'interprétation des résultats obtenus et démontre que ces élèves possèdent peu le concept de masse volumique puisque le concept de masse ne permet pas, à lui seul, de prédire la situation de liquides non miscibles.⁹ Par exemple, l'élève Ec Pr6 F, utilisant le calcul mentionné plus tôt, obtient la masse d'un volume de 25 ml pour chacun des liquides proposés. Ainsi, pour 25 ml de mercure ($\rho^{10} = 13,2 \text{ g/ml}$) on obtient une masse de 330 g, comme le démontre le calcul suivant :

⁹ Miscible : Se dit de deux liquides ou plus qui peuvent se mêler en formant un mélange homogène.

¹⁰ ρ = lettre grecque rhô, symbole de la masse volumique

$$m = V \times \rho \quad \text{où}$$

m = masse (g) du mercure dans le cylindre
 V = volume (ml) de mercure dans le cylindre
 ρ = masse volumique (g/ml) du mercure d'où

$$m = 25 \text{ ml} \times 13,2 \text{ g/ml}$$
$$m = 330 \text{ g (et non 330 ml)}$$

Malheureusement, en inscrivant des unités de volume (ml) plutôt que des unités de masse (g) pour son calcul, l'élève justifie ses résultats en présentant un cylindre contenant 330 ml de mercure, 25 ml d'eau, 20 ml d'huile et 17,5 ml d'alcool (donc un total de 392,5 ml de liquide), le tout contenu dans un cylindre gradué de seulement 100 ml (voir figure 3 à la page suivante).

Bien que l'élève illustre de manière valable l'organisation des liquides dans le cylindre gradué, la confusion au niveau des unités de mesure permet de croire à l'absence d'une compréhension fine du concept de masse volumique en plus d'une absence de point de référence (unité de mesure de masse) liée au résultat obtenu. L'élève sans point de référence perçoit plus difficilement l'erreur ou l'incongruité du résultat. Une discussion avec ce répondant aurait selon nous permis de vérifier son niveau de compréhension. L'élève démontre certes une certaine habileté à manier une formule mathématique, bien qu'il s'embrouille avec les unités de mesure, prouvant du même coup son absence de maîtrise du concept. Dans un article traitant des erreurs

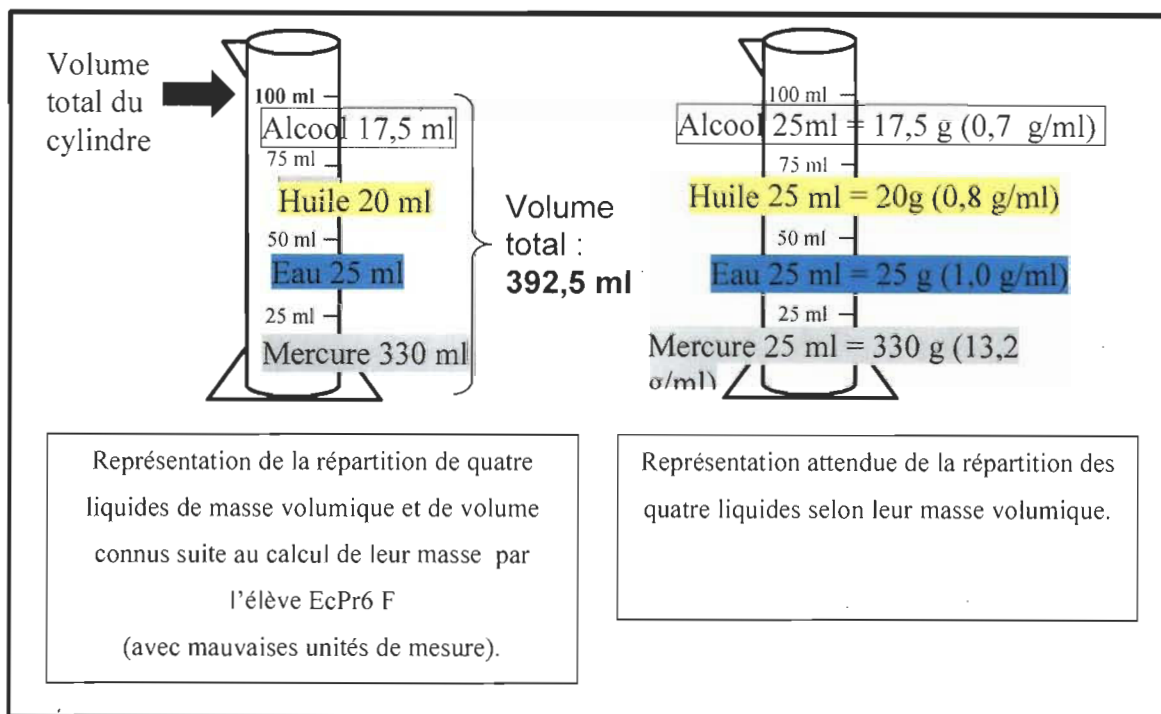


Figure 3. Représentation d'un élève et représentation attendue pour la répartition de quatre liquides de masse volumique connue

mathématiques et des conceptions erronées, Tariq (2008) observe que certains étudiants du premier cycle universitaire ne présentent pas leurs réponses avec les bonnes unités de mesure. Si des étudiants présentent ce type de difficultés, il y a fort à parier que les problèmes existaient déjà lorsqu'ils étaient élèves. Même en utilisant les bonnes unités de mesure (par exemple, la masse exprimée en gramme) et en plaçant les liquides selon leur masse de façon croissante en partant du fond du cylindre gradué, l'élève utilisant cette façon de faire aurait quand même démontré une absence de maîtrise du concept de masse volumique. À partir d'un volume semblable pour les quatre substances, le liquide ayant la plus grande masse volumique aura nécessairement la plus grande masse. Or, il devient facile pour l'élève ayant ces données en main de positionner, sur le schéma du cylindre,

la substance avec la plus grande masse volumique immédiatement au fond du cylindre sans recourir à un calcul de la masse.

Primo, avec un même volume pour toutes les substances, la masse volumique permet à elle seule de connaître leurs répartitions dans un cylindre gradué sans avoir recours à une opération mathématique.

Secundo, en recourant à un calcul pour connaître la masse de chacune des substances, seule la masse est utilisée par le répondant pour illustrer le niveau, sous la forme d'une représentation, des liquides non miscibles dans le cylindre gradué, le concept de masse volumique n'entrant plus en compte dans la répartition proposée par l'élève. L'élève confond les concepts de masse et de masse volumique. Il montre également sa piètre compréhension du concept de masse qui ne permet pas de prédire la répartition de liquides dans un cylindre gradué. Comme discuté par Laliberté (2013), il semble plus facile de jongler avec une valeur (ou une dimension) que de mettre en relation deux éléments, la masse volumique découlant de la masse divisée par le volume. Bien que l'élève connaisse la formule pour calculer la masse volumique (non utile ici), et par le fait même la masse d'un liquide de volume connu, la manipulation qu'il fait des chiffres ne démontre, à nos yeux, que son habilité en mathématique et non sa compréhension du concept étudié. Ainsi, avec un même volume pour les quatre substances à classer, le calcul de la masse permet de bien les répartir en ne tenant compte que de la masse, ce qui est une erreur puisque la masse seule ne permet pas une bonne représentation graphique de

la distribution des liquides dans un cylindre. C'est la masse volumique qui permet la prédiction de cette répartition. Dans le cas de volumes différents, l'utilisation du calcul ne tient plus. Par exemple, le même répondant (Ec Pr6 F) n'obtient pas une bonne réponse à la question 8 utilisant la formule mathématique $m \text{ (g)} = V \text{ (ml)} \times \rho \text{ (g/ml)}$, puisque que justement, un volume d'huile de 75 ml correspond à une masse de 60 g (calculé sur la base d'une masse volumique de 0,8 g/ml) alors qu'un volume d'eau de 25 ml a une masse de 25 g. L'élève place ainsi l'huile (de masse et de volume supérieurs) dans le fond du cylindre gradué, sous la surface de l'eau, alors que seule la masse volumique nous informe que l'inverse se produit (l'huile, même avec un volume supérieur, flotte sur l'eau et jamais l'inverse) (voir figure 4, page suivante).

Le choix par l'élève d'utiliser une seule donnée pourrait aussi s'expliquer par le modèle de changement conceptuel développé par diSessa (1993), et plus particulièrement par ses p-prims (*phenomenological primitives*), que Potvin (2007) appelle des « petits outils interprétatifs » (p. 362), alors que Bêty (2010) utilise la locution « relations causales intuitives » pour traduire les p-prims. Potvin (2007) avance que l'élève, confronté à un problème, aura recours à son intuition plutôt qu'à sa raison pour le résoudre. Hammer (1996) identifie un p-prims en liant la proximité et l'intensité qu'il nomme « *closer means stronger* » (p. 102) que l'on pourrait traduire par « plus près, plus fort ou plus intense ». Avec ce p-prims, nombre d'élèves expliquent la chaleur de l'été par la proximité du Soleil avec la Terre (ce qui n'est pas le cas, puisque le Soleil est plus près de la Terre en hiver

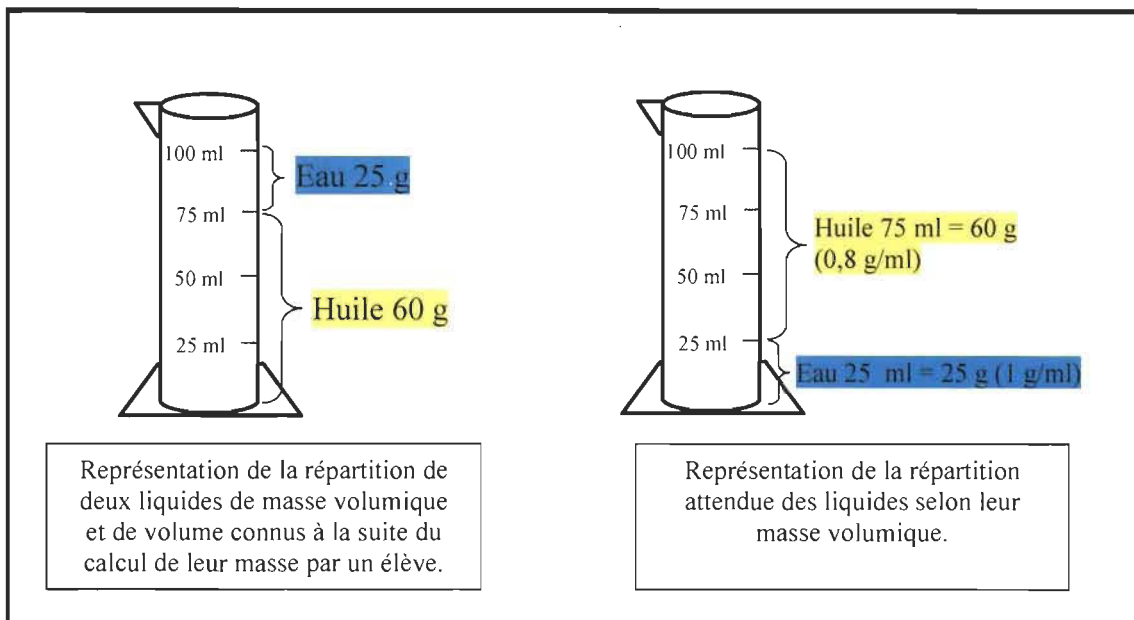


Figure 4. Représentation d'un élève et représentation attendue pour la répartition de deux liquides de masse volumique connue

dans l'hémisphère nord et que c'est l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre qui en est la cause). Cette explication découle de l'expérience personnelle des jeunes associant proximité et intensité. Une odeur sera plus forte si on est plus près de sa source, la luminosité d'une lampe sera plus importante si on s'en approche. L'élève, par son calcul de la masse à partir de la masse volumique, utiliserait ainsi son intuition et son expérience personnelle liée à la masse (« plus lourd, plus bas ou plus au fond »), pour répartir dans le cylindre gradué les substances selon leur masse plutôt que d'utiliser la masse volumique avec laquelle il est moins familier. De plus, son intuition lui propose possiblement de placer le volume le plus grand dans le fond du cylindre. Lorsque son calcul de la masse lui indique également que la masse d'huile est plus élevée que la masse d'eau, le calcul vient conforter l'intuition préalable de l'élève. Cette méthode permet des

résultats exacts lorsque les volumes des substances à disposer sont identiques même sans compréhension du concept, donc un peu par hasard. Toutefois elle est faillible lorsque les volumes sont inégaux. Le p-primis « plus lourd, plus bas ou plus au fond » ne s'appliquent pas à la masse, mais uniquement à la masse volumique dans le cas de liquides non miscibles.

Les résultats des prétests et des post-tests des deux groupes confondus sont identiques tant pour la question 7 que pour la question précédente (voir tableau 4, page 58). Tout comme pour la question 6, les explications fournies pour justifier la répartition des deux liquides (huile et eau) dans le cylindre gradué sont sensiblement aussi les mêmes, ne présentent pas les bonnes unités de mesure et sont toutes aussi inutiles.

Environ les quatre cinquièmes des participants du groupe EC et précisément trois cinquièmes de ceux du groupe SP répondent correctement (en présentant les liquides selon l'arrangement attendu) lors des prétests et des post-tests. Ce taux de réussite nettement supérieur aux autres réponses a de quoi nous laisser perplexes. Cette réussite est-elle attribuable au fait que cette question est un exemple que l'on pourrait qualifier de classique dans la démonstration des effets de la masse volumique, et ce, autant dans le questionnement auprès des élèves que dans la présentation d'exemples probants? En effet, c'est souvent par une phrase du type « Qu'arrive-t-il lorsqu'on verse de l'huile dans l'eau? » que notre cours sur le concept de masse volumique est introduit. L'expérience personnelle de certains jeunes est possiblement mise à contribution pour expliquer le haut

taux de réussite à cette question. Plusieurs « cuistots en herbe » ont dû participer à la préparation d'une vinaigrette ou d'une recette nécessitant l'utilisation d'huile et d'eau, comme par exemple, dans la cuisson de pâtes alimentaires pour éviter qu'elles ne collent ensemble. Ces facteurs peuvent possiblement être avancés pour décrire les résultats observés ici. Les rares tentatives pour expliquer le positionnement de l'huile sur l'eau s'avèrent des échecs, et plus du trois quarts des bonnes réponses ne présentent toutefois aucune explication. Cette absence d'explication nuit considérablement à une analyse juste de la compréhension du concept de masse volumique. Sans explication, la réponse relève soit de la simple chance, soit de la connaissance associée aux expériences personnelles (qui ne sont pas toujours erronées) ou à l'étude « par cœur ».

Les moins bons résultats de la question 8 (voir tableau 4, page 58), c'est-à-dire presque deux fois moins de réponses correctes et une seule avec explication pour les deux tests et les deux groupes, permettent toutefois de mieux discriminer ceux qui semblent comprendre le concept de masse volumique et ceux qui éprouvent plus de difficultés. L'élève utilisant la formule mathématique $m \text{ (g)} = V \text{ (ml)} \times \rho \text{ (g/ml)}$ obtient une réponse erronée, puisqu'il place le liquide ayant la plus grande masse au fond du cylindre (c'est-à-dire l'huile) alors que celle-ci flotte sur l'eau, nonobstant la quantité en présence d'eau. Il nous est ici impossible de savoir si les élèves ayant illustré l'huile sur l'eau (bonne réponse) utilisent leur connaissance acquise en classe ou leur connaissance expérimentale pour arriver à ce résultat. Une simple explication aurait pu faciliter notre analyse, mais nous ne pouvons spéculer sur les raisons derrière la réponse proposée.

Les résultats de la question 8 sont plus « parlants » que ceux de la question précédente, parce que la réponse attendue est moins intuitive et demande une compréhension du concept ou une bonne utilisation des opérations mathématiques pour résoudre le problème. La formulation de la question, à elle seule, semble nous donner la réponse. Ainsi, 75 ml d'huile représentant un volume trois fois plus important que 25 ml d'eau, il est facile de confondre masse et volume sans tenir compte de la masse volumique. Avec moins d'un tiers de réponses adéquates (sans explication aucune) pour le groupe *English Concentration* en prétest et moins de la moitié en post-test (toujours sans explication), et environ les deux cinquièmes de réponses valables pour le groupe de *Sport Plus* (prétest et post-test, encore sans explication) il apparaît clairement que la réponse exacte n'était pas à la portée de tous.

Ici, l'utilisation de l'équation $m \text{ (g)} = V \text{ (ml)} \times \rho \text{ (g/ml)}$ était non seulement inappropriée, mais en plus venait conforter une intuition du type p-primis présenté plus tôt dans l'analyse de la question 6. Notre formule intuitive « plus lourd, plus bas ou plus profond », formulation erronée lorsqu'appliquée dans le contexte présent, prend tout son sens avec cette question-ci. L'élève qui applique l'équation pour déterminer la masse d'huile obtient une valeur supérieure à la masse d'eau, information qui renforce l'intuition première, « plus d'huile, plus de masse » et de là « plus de masse, plus lourd », et finalement « plus lourd, plus bas ou plus profond ». Bien que cette information soit juste, elle ne renseigne en rien sur le positionnement de l'huile et de l'eau. La masse n'intervient

en aucune façon dans la répartition des liquides. C'est seulement la connaissance et/ou la compréhension de la valeur de la masse volumique qui permettent une réponse correcte. Par contre, une bonne réponse ne nous transmet aucune information sur la compréhension du concept lui-même. Deux options sont possibles : l'élève sait que l'huile flotte sur l'eau par expérience ou par l'acquisition de l'information en classe, ou l'élève utilise l'information disponible, c'est-à-dire la valeur de la masse volumique donnée dans la question pour répondre correctement. Dans un cas comme dans l'autre, faute d'explications, il nous est impossible de proposer une explication de la compréhension du concept chez nos répondants. Malheureusement, seulement trois élèves utilisent l'équation $m \text{ (g)} = V \text{ (ml)} \times \rho \text{ (g/ml)}$ pour cependant justifier leur réponse erronée qui positionne l'huile au fond du cylindre gradué et l'eau par-dessus. La mauvaise compréhension du concept est évidente pour ces trois participants, mais l'absence de justifications des élèves ayant une répartition juste des liquides dans leur illustration de la question 8 nous maintient dans l'ignorance des éléments mis en œuvre pour obtenir ce résultat exact. En l'absence de justification, impossible de discriminer la compréhension du concept de masse volumique et la simple bonne mémoire liée à l'expérience personnelle ou à la connaissance. Par contre, s'il s'agit d'une bonne mémoire, on peut vraisemblablement exclure l'influence du p-primis « plus lourd, plus bas ou plus profond », puisqu'il semble mener exclusivement à une réponse erronée, du moins pour le répondant s'appuyant sur le calcul de masse pour justifier le positionnement de l'eau sur l'huile.

4.1.4 Application : questions 9 et 10

Pour cette dernière section présentant les résultats des prétests et des post-tests, deux questions théoriques, ont été posées avec mises en situation. Les valeurs de masse et de volume étaient données dans la première et la seconde question avec la masse fournie pour effectuer le calcul, mais avec un calcul nécessaire pour déterminer le volume d'un objet par déplacement d'un liquide (voir tableau 5, page suivante). Tel que présenté pour les trois tableaux précédents, la colonne de gauche montre les résultats pour le prétest et la colonne de droite, pour le post-test, tant pour le groupe *English Concentration (EC)* que Sport Plus (SP). La colonne de l'extrême droite fait état des commentaires de l'étudiant-chercheur au regard des résultats des répondants.

Cette partie du questionnaire permettait de mettre en lumière la connaissance de la définition opérationnelle de la masse volumique, à savoir : masse (exprimée en grammes) d'un millilitre de matière, mais également la mise en application de cette connaissance. De plus, la question 10 permettait d'observer l'habileté dans l'utilisation du concept de volume.

Tableau 5

Calcul de la masse volumique avec mise en situation

Question 9			
Calcul de la masse volumique d'un liquide inconnu (masse et volume donnés).			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	12 (5)	8 (4)	Réponse correcte (réponse complète) Manque d'enthousiasme important pour la deuxième passation (perçu comme une corvée, malheureusement). * \pm 12 sans réponses
SP+	5 (3)*	3 (3)	
Total des résultats	17 (8)	11 (7)	Total des répondants : 43
Question 10			
Calcul de la masse volumique d'un solide inconnu (masse et volumes donnés).			
Résultats	Prétest	Post-test	Commentaires de l'étudiant-chercheur
EC	5 (3)*	4 (2)	Réponse correcte (réponse complète)
SP+	3 (1)	4 (1)	*Deux explications : l'objet coule puisque que le niveau du cylindre augmente !
Total des résultats	8 (4)	8 (3)	Total des répondants : 43

D'entrée de jeu nous constatons le faible taux de réussite des répondants, à savoir moins des deux cinquièmes de réponses correctes pour la question 9, compte qui tombe à moins de un cinquième pour la question 10. De plus, moins de la moitié des réponses correctes s'accompagnent d'un calcul appuyant le résultat proposé. Curieusement, bien que certains élèves aient proposé une définition opérationnelle de la masse volumique, le nombre de réponses opérationnelles est supérieur pour ce qui est du prétest. C'est un peu comme si les élèves étaient plus en mesure de réaliser le calcul de la masse volumique que de la définir. Quant aux élèves ayant des réponses incorrectes, certains réalisent des opérations mathématiques où la masse et le volume, tantôt s'additionnent, tantôt se multiplient pour ensuite être divisés par deux, vingt-cinq ou même cent, de manière

incompréhensible. Cette utilisation de la division par les trois derniers nombres est d'autant plus surprenante qu'ils ne sont aucunement mentionnés dans la question; seules les valeurs de masse et de volume étaient données aux élèves. Ces opérations mathématiques ne semblent toutefois pas être en relation ou faire du sens avec la formule mathématique nécessaire au calcul de la masse volumique.

Comme nous venons de le voir, les résultats de cette première partie de la collecte de données nous poussent à réfléchir et amènent un questionnement, et parfois même des pistes de réponses dans la compréhension et le raisonnement de certains jeunes devant définir, connaître, comprendre et appliquer le concept de masse volumique à la suite de la passation de deux questionnaires. Nous allons maintenant aborder la seconde partie de la collecte des données avec la séquence d'enseignement réalisée sous forme d'ateliers en laboratoire.

4.2 RÉSULTATS DES ATELIERS FLOTTE/COULE

Le but des ateliers Flotte/Coule était d'observer la part de prédiction sur le comportement de divers objets, à la suite d'une immersion, dans l'espoir d'accumuler des indices (actions, dires ou écrits) en lien avec le concept étudié. Ces ateliers, au nombre de trois, sont inspirés des activités du PREST[®].

Il ressort des deux premiers ateliers (Atelier 1 : Objets Flotte/Coule et Atelier 2 : Végétaux Flotte/Coule) une grande confusion entre le concept de masse et celui de masse volumique, mais également une difficulté des élèves à exprimer clairement leurs idées. Lorsqu'une explication est demandée pour clarifier leur pensée, on obtient presque uniquement une description du phénomène, comme généralement observé dans notre pratique d'enseignant. La moitié des six équipes utilisent à tort le concept de masse pour expliquer ce qu'il advient lorsque des objets ou des végétaux sont immergés (orange, banane, carotte, céleri, noix de Grenoble). Par contre, deux équipes décrivent la masse volumique comme étant responsable d'un phénomène observé, mais en y accolant les termes « plus lourds » ou « plus légers » que l'eau plutôt que d'utiliser les qualificatifs inférieure ou supérieure. Notons ici que les élèves auraient gagné à parler de densité plutôt que de masse volumique. Finalement, une dernière équipe précise que les objets ou végétaux flottants ont une masse moins grande que l'eau. S'agit-il d'une mauvaise manière de s'exprimer ou d'une mauvaise conception de la masse et de la masse volumique? Nous sommes dans l'impossibilité de répondre à cette question. Il est bon de noter que quelques équipes ajoutent « la présence de bulles d'air dans la matière » pour justifier la flottabilité de certains objets ou végétaux. Ce rapprochement entre la flottabilité et la présence de l'air est déjà fait par Thouin (1985) lorsqu'il précise les représentations des premières conceptions en sciences physiques.

« Mais l'eau et l'air ne font pas que maintenir à la surface; pour certains, ils font couler. D'abord, l'eau peut « tirer » les objets vers le fond. L'air, d'autre part, peut « pousser » les objets pour les enfoncer. L'air « pèse »

plus ou moins fort sur certains objets, selon leurs caractéristiques, et ainsi en laisse flotter certains et en fait couler d'autres. » (p. 256)

Les difficultés associées à la flottabilité semblent tenaces et perdurent même chez les élèves du secondaire. Nos jeunes élèves sont confrontés aux mêmes interrogations.

Dans notre analyse des ateliers, nous pouvons ajouter qu'une seule équipe mentionne la morphologie comme facteur pouvant influencer le résultat de l'immersion des objets ou végétaux dans l'eau. Par exemple, avec une banane, les jeunes pouvaient simplement la peler, l'écraser, la couper avec ou sans pelure, etc. Précisons finalement que le laboratoire avec des végétaux (fruits et légumes) faisait l'objet d'un atelier distinct de celui des objets usuels bien que les mêmes manipulations étaient exigées.

Le troisième atelier proposait aux jeunes de faire flotter des billes de verre dans une construction réalisée à partir de différents matériaux (carton, papier d'aluminium, contenant de plastique) mis à leur disposition. Trois options différentes étaient possibles et l'équipe était invitée à expliquer l'option retenue. Une évaluation du volume, de la masse et un calcul de la masse volumique du prototype expérimenté complétaient cet atelier. Nous avons concentré nos observations sur l'explication de l'option retenue. Malheureusement, sur les six équipes, deux d'entre elles ne fournissent aucune explication, et deux autres précisent que c'est la légèreté de l'aluminium qui permet de faire flotter les billes dans le contenant. Une des équipes explique que c'est la répartition du poids des billes et la présence d'une poche d'air sous leur construction qui permettent

aux billes de ne pas couler. Une autre équipe décrit la stabilité de leur construction pour justifier le nombre de billes soutenues par leur embarcation.

Les résultats obtenus à partir de ces ateliers ne furent pas d'un grand secours pour saisir les raisonnements sous-jacents à la compréhension du concept de masse volumique par nos jeunes volontaires. Tout au plus, les observations recueillies viennent ajouter aux informations déjà obtenues à la suite de l'analyse des prétests et post-tests.

4.3 RÉSULTATS DU GROUPE DE DISCUSSION

La prochaine partie du chapitre 4 permet de discuter les résultats recueillis lors de la discussion de groupe réalisé en présence de huit élèves volontaires provenant du groupe Sport Plus. Cette partie se divise en trois sections. La première section présente des éléments de l'entretien semi-dirigé concernant la conférence-démonstration du CDES traitant de l'immersion de la boule de quilles. Une courte deuxième section présente les résultats des ateliers Flotte/Coule, et la dernière traite des échanges en lien avec le concept de masse volumique.

4.3.1 Discussion en lien avec l'immersion de la boule de quilles

De manière générale, les élèves du groupe de discussion ($n = 8$) étaient d'accord pour dire que lors de l'immersion de la boule de quilles dans un bassin d'eau durant la conférence-démonstration du CDES, le niveau d'eau avait monté en raison du volume de

la boule et que la masse volumique n'y était pour rien dans le phénomène observé. La masse de la boule de quilles demeurait également la même dans leur esprit, seule son apparence variait en raison de la forme cylindrique du bassin d'eau. Une fois hors de l'eau, l'apparence de la boule redevenait la même aux yeux des spectateurs, ici les élèves.

La boule étant suspendue à un dynamomètre (voir figure 2, page 61), ce dernier affichait une force moindre une fois la boule de quilles immergée (mais la question ne mentionnait pas cette information). Globalement, trois éléments de discussion différents sont apportés par les élèves, bien que tous étaient présents lors de la conférence-démonstration au CDES. Certains pensaient que la mesure du dynamomètre était supérieure parce que l'eau du bassin avait monté et associait cette augmentation de la mesure à la poussée d'Archimède. D'autres étaient d'avis que l'eau retenait la boule indiquant ainsi une mesure plus petite du dynamomètre après l'immersion. « L'eau retient la boule, donc, cette dernière est moins lourde. » selon le verbatim d'un des huit jeunes du groupe Sport Plus interrogés. Finalement une troisième option, l'absence de changement de la mesure du dynamomètre, fut aussi avancée, puisque la masse volumique de la boule de quilles demeurait inchangée à la suite de l'immersion, comme si le dynamomètre mesurait directement la masse volumique de la boule de quilles, alors qu'il nous donne une mesure du poids.

4.3.2 Discussion en lien avec les ateliers Flotte/Coule

La majorité des participants furent surpris de constater que certains fruits denses (par exemple la banane... lourde selon certains) flottaient alors que la noix de Grenoble (sphérique et petite) coulait. Tous étaient également en accord avec le fait que l'orange avec pelure flotte en raison de la présence d'air, mais qu'une fois épluchée « l'eau passe à travers, donc elle coule » selon le verbatim d'un des élèves du groupe de discussion.

De l'avis de tous également, la forme donnée au contenant d'aluminium était responsable du nombre de billes de verre pouvant flotter dans l'embarcation. Il y a d'avantage de confusion quant à l'aluminium façonné sous forme d'une sphère pour trois des jeunes du groupe de discussion. Selon eux, l'aluminium, léger, flottera sur l'eau, car sa masse volumique est plus faible que celle de l'eau. Ici encore, le vocabulaire « du quotidien » vient ajouter un qualificatif lié au concept de masse ou même de poids plutôt qu'à celui de masse volumique. À la question : pourquoi tous les objets ne flottent-ils pas dans l'eau? Un élève évoque la forme des objets pour expliquer leur flottabilité. Un autre précise que « Si on met une forme avec de l'air, ça va flotter. ». Un troisième rajoute que « Si ça se remplit d'eau, l'eau va prendre la place à l'intérieur de l'objet, donc il coulera. ... ». De nombreuses conceptions habitent les jeunes répondants, mais il est difficile de les amener au bout de leurs idées et de faire qu'ils précisent davantage leur pensée sur le sujet.

4.3.3 Discussion en lien avec la masse volumique

Une définition de la masse volumique est proposée par une élève du groupe de discussion comme étant la masse divisée par le volume, une définition opérationnelle telle que présentée par Legendre (2005). Rien pour bien observer comment le concept de masse volumique est compris par les jeunes. Par contre, à la question demandant quel serait le comportement de deux morceaux de styromousse (un de 100 grammes et un de 2 tonnes), deux des quarante-trois jeunes répondent spontanément que la grosseur des morceaux n'a aucune influence sur la masse volumique qui demeure toujours plus petite que celle de l'eau. À la dernière question, liant la masse volumique et la flottabilité, trois des élèves précisent que la forme peut influencer la flottabilité malgré une masse volumique supérieure à celle de l'eau (référence aux bateaux faits de métal qui flottent). Un autre répondant fait remarquer que « Les icebergs flottent, peu importe leur forme. ».

Il est également important de noter que, pour le groupe EC, rien ne transparaît de l'apport de la conférence-démonstration du centre de démonstration en sciences (CDES). Il est nécessaire ici de préciser qu'aucun lien direct dans la conférence-démonstration n'est fait au concept de masse volumique.

En ce qui a trait plus spécifiquement au CDES, il est toutefois important de souligner que certains facteurs ne favorisent pas l'émergence de changements signifiants. Ainsi, les facteurs suivants ne permettent pas d'observer ou d'inférer un changement au niveau de la compréhension du concept de masse volumique chez les participants : la

courte durée de la conférence-démonstration présentée au CDES (environ une heure trente minutes), le nombre important et varié de concepts abordés (flottabilité, force gravitationnelle, magnétisme, friction, machines simples, etc.), l'absence de préparation en classe avant la présentation de la conférence-démonstration à partir d'une trousse pédagogique réalisée par le CDES, et finalement, des questionnaires prétest et post-test non directement axés sur la conférence-démonstration.

Il nous apparaît cependant à propos de noter que le CDES met à la disposition des enseignantes et des enseignants du primaire des cahiers d'activités (nommés : Trousses pédagogiques) directement en lien avec les conférences-démonstrations. Nous aurions peut-être tiré avantage de l'utilisation de ces trousses en les adaptant à notre élèves du secondaire. Avec le recul, nous nous demandons si l'utilisation des trousses pédagogiques élaborées par le CDES aurait pu influencer les résultats du post-test. Cependant, les trousses pédagogiques étant destinées au troisième cycle du primaire, nous avons jugé préférable de ne pas les utiliser avec des participants de deuxième année du premier cycle secondaire.

CONCLUSION

Pour cette dernière partie de notre mémoire, un retour sur les objectifs de recherche s'impose. Ainsi, notre objectif général est d'observer et de décrire les effets de la participation à une conférence-démonstration pour des élèves du deuxième secondaire quant à l'apprentissage de concepts scientifiques, mais plus particulièrement celui de la masse volumique. Notre objectif spécifique se définit comme suit : décrire et comprendre l'impact d'une visite au CDES sur la compréhension du concept de masse volumique chez ces mêmes élèves. À la lumière des résultats obtenus, notre recherche n'a pu établir de liens directs entre l'apprentissage et la compréhension d'élèves de deuxième secondaire de la masse volumique et les démonstrations présentées lors de la conférence-démonstration sur les forces du CDES. Les objectifs premiers du CDES étant différents de ceux énoncés dans notre recherche, l'importance du CDES n'est nullement mise en cause dans cet état de fait. La difficulté de bien établir les effets ou l'impact d'une conférence-démonstration sur l'apprentissage ou la compréhension d'un concept s'explique, puisque nous avons introduit une étape d'apprentissage sous forme d'ateliers, ajoutant un « bruit » supplémentaire dans le lot des informations à traiter, incluant la conférence-démonstration elle-même. Notre objectif de recherche aurait pu être : amener les élèves de deuxième secondaire à mieux maîtriser le concept de masse volumique par le biais d'une conférence-démonstration présentée au CDES et d'ateliers d'apprentissage dans le but de mieux comprendre le concept étudié. Avec du recul, notre objectif était pour le moins ambitieux.

Notre étude comporte certaines limites qu'il convient de souligner et de considérer pour des recherches futures. Les défis liés à la recherche avec des êtres humains sont nombreux. Dans notre étude, nous avons été confrontés aux difficultés de recrutement des participants et d'exécution de tâches par ces derniers. En effet, moins d'élèves ont accepté de participer à l'étude que nous l'aurions souhaité, et certains de ceux qui furent volontaires ont exécuté les tâches de manière négligée. L'absence de réponses ou la présence de réponses erronées pour certaines questions lors du post-test, questions ayant obtenu des réponses valables au prétest, nous conforte dans cette conclusion. Malgré toutes les précautions prises, il reste que la collecte de données fut difficile dans le contexte réel de la classe, puisque les élèves étaient volontaires faisant partie de nos propres groupes. De même, l'influence des pairs a possiblement nui à la qualité des réponses données par les participants lors des prétests et des post-tests, mais elle a certainement nui à la quantité de réponses obtenues. Le manque de rigueur chez certains élèves lors de la passation des tests et de certaines équipes suite à l'exécution des ateliers Flotte/Coule n'a pas permis une aussi bonne collecte de données qu'espérée. Sans nécessairement améliorer la quantité et la qualité des données lors de la collecte, le choix du ou des groupes scolaires est un élément important qu'il aurait fallu mieux prendre en compte. De même, la difficulté de bien distinguer le travail d'enseignement de celui d'étudiant-chercheur est également un facteur limitant dans notre recherche. Ici encore, des élèves d'autres groupes, d'une école différente ou d'une autre commission scolaire aurait permis d'éliminer la duplicité des rôles. De plus, des entretiens individuels nous auraient amenés à vérifier l'interprétation donnée par certains répondants lors des prétests

et des post-tests. De nombreux détails auraient pu faciliter notre collecte de données. Ainsi, le délai de plus d'une semaine entre la passation du prétest et du post-test, l'absence de préparation des élèves avant la conférence-démonstration et même avant les ateliers Flotte/Coule du groupe SP seulement, le manque d'intérêt à participer au groupe de discussion et le temps entre le post-test et la passation de celui-ci ont, selon nous, pu affecter la motivation des élèves et celle du chercheur-enseignant. Tous ces facteurs furent des obstacles à une participation optimale des jeunes répondants à la collecte de données.

Notre intention n'est toutefois pas de généraliser les résultats découlant de cette recherche, mais plutôt de fournir des explications dans la compréhension du concept pour éventuellement proposer des pistes de réflexion aux enseignants de sciences. Durocher (2009) précise d'ailleurs que la compréhension conceptuelle et les habiletés à développer un raisonnement scientifique reposent, entre autres, sur l'utilisation et la façon d'employer les concepts scientifiques. Elle préconise également le développement du raisonnement scientifique au niveau de l'école québécoise, idée que nous faisons nôtre. Une dernière limite de notre recherche réside dans l'ajout des ateliers Flotte/Coule à la suite de la conférence-démonstration. Cette étape de notre recherche a compliqué l'analyse et l'interprétation des résultats en augmentant les données à traiter et le nombre de relations entre le concept étudié et les observations des participants. La discrimination des informations relatives à la conférence-démonstration et des ateliers fut difficile, voire impossible à réaliser.

Divers constats ont été évoqués tout au long de l'analyse et de la discussion. Toutefois, il semble important d'en synthétiser les principaux en conclusion du mémoire. Un premier constat permet d'observer la confusion chez certains élèves avec des termes scientifiques (masse, volume, masse volumique, densité, légèreté, pesanteur, etc.) (Cormier et al., 2004; Oyoo, 2012). Certains des participants ne maîtrisent pas ou peu le concept de masse volumique, bien que son utilisation remonte quelques fois au deuxième cycle du primaire. Un second constat est celui de l'absence de point de référence et de comparaison chez certains élèves. Sans connaître la valeur de la masse volumique de l'eau, il est impossible de dire si l'objet composé d'un matériau « X » flotte, coule ou même reste entre deux eaux lorsqu'il est immergé. Nous observons le même problème de prédiction pour les liquides non miscibles (questions 6 et 7). Sans point de comparaison, même en connaissant la valeur de la masse volumique des liquides en cause, la répartition exacte est impossible à prévoir. Les difficultés rencontrées avec la manipulation mathématique de termes, puisque la masse volumique réfère à un rapport, en plus des erreurs présentes avec les unités de mesure constituent le troisième constat. Bien que largement étudiées (Hitt, 2005; Hardy et al., 2006; Dawkins et al., 2008), les difficultés liées à la compréhension du concept de masse volumique en tant que rapport entre la masse et le volume d'un objet restent bien réelles et s'observent régulièrement en classe. Notre étude n'y fait pas exception. Notre quatrième constat est à l'effet que certains élèves tendent à confondre des concepts scientifiques, particulièrement la masse et la masse volumique, entraînant des erreurs d'interprétation des résultats ou produisant des explications inexactes (questions 4 et 5). À nos yeux, cette tendance peut être associée au

concept des p-prim développé par diSessa (1993). L'intérêt de l'utilisation de présentations ou de conférence-démonstrations incorporant des expériences contre-intuitives prend tout son sens lorsque l'on cherche à favoriser un changement conceptuel. C'est un des buts de l'approche préconisée par le CDES, tout comme par les chercheurs Francine Pellaud et Richard-Emmanuel Eastes. Finalement, notre cinquième et dernier constat fait écho à la démotivation rencontrée chez certains élèves. Ainsi, la difficulté pour recruter des répondants en seconde partie de l'année scolaire (février), où une baisse de motivation est généralement observée dans notre pratique, est un autre facteur qui a influencé la collecte de données de la recherche et la motivation de l'étudiant-chercheur. Certains élèves ont d'emblée affiché un manque d'intérêt face à la recherche, ce qui est somme toute normal et légitime. Toutefois, moins de la moitié des élèves du groupe EC ont participé à la recherche. De plus, certains des élèves non participants, mais présents en classe ont fort probablement insufflé, par leurs commentaires, un vent de démotivation chez certains de leurs camarades initialement intéressés à participer au projet de recherche. Ainsi, par des commentaires du genre « C'est moins forçant de pas répondre » ou « C'est plus facile de rien faire », commentaires entendus lors des passations des prétests et des post-tests, ces élèves en ont peut-être incité d'autres à ne pas travailler avec autant de rigueur que l'étudiant-chercheur l'aurait espéré. De ce fait, une attitude défaitiste s'est insinuée chez ce dernier et a peut-être influencé à la baisse la motivation des troupes.

L'intérêt de notre travail réside en partie sur l'ensemble des constats dégagés au terme de notre étude qui nous amène à faire certaines recommandations. Notre travail décrit l'importance d'une bonne connaissance du vocabulaire dans la maîtrise des concepts scientifiques. Ainsi, Samson, Trudel, Lachance, Beauséjour et Pittet (sous presse) proposent l'utilisation ou la réalisation d'un Wiki pour favoriser la compréhension de concepts en sciences et technologie au primaire par les racines latines et grecques. De même, Ortlieb et Norris (2012), de l'université A&M du Texas, préconisent l'utilisation d'une stratégie de réflexion à haute voix (*thinking aloud*) pour renforcer la compréhension en lecture de concepts scientifiques chez les jeunes de la maternelle. Ceci amène certainement une confrontation des idées, nécessaire pour l'organisation des concepts, approche également préconisée par Orange (2002) sous la forme de débats scientifiques pour favoriser l'engagement des élèves dans leur démarche scientifique. Nous recommandons la prise en considération du langage, sinon l'utilisation, du moins, l'exploration de ces deux éléments que forment le Wiki des racines latines et grecques et la réflexion à haute voix au primaire. Ces apprentissages nouveaux pourraient développer le niveau de compréhension des concepts scientifiques. Ces deux approches, si appliquées au primaire, peuvent facilement s'intégrer aux classes de sciences du secondaire. Les recherches futures, mais aussi les enseignants, auraient intérêt à se pencher sur ces différentes propositions. Dans notre pratique future, nous explorerons ces idées pour favoriser l'apprentissage de concepts scientifiques dans nos classes.

Laliberté (2013) amène la présence d'air comme une dimension retenue par les élèves pour expliquer la flottabilité de certains objets. Nous avons pu observer cette explication dans notre travail. Pour faciliter la compréhension du concept de masse volumique sous plus d'une dimension, Lee et Kwok (2010) proposent d'inclure une vision microscopique des matériaux en présentant des cubes transparents d'un litre avec des boules de styromousse entières ou coupées, grosses ou petites (voir appendice 5). De même, Martinand (2010) réactualise l'utilisation de la modélisation en proposant deux schémas didactiques dans le but de développer la compétence « penser avec des modèles ». Nous croyons que ce sont des propositions intéressantes à inclure dans notre pratique et que les enseignants de sciences et technologie pourraient envisager de les exploiter, ceux-ci utilisant déjà la vision microscopique pour illustrer d'autres concepts dont la solubilité.

Dans une recherche future, il serait intéressant d'évaluer l'apport d'une trousse pédagogique, comme celle élaborée au CDES pour le 3^e cycle du primaire dans la conférence-démonstration sur les forces et dans la compréhension des concepts de sciences. Ces trousse ont été développées notamment pour supporter l'enseignant dans sa préparation des élèves à la sortie au CDES. Elles visent également à soutenir l'enseignant dans sa maîtrise des concepts scientifiques, car, rappelons-le, plusieurs enseignants du primaire éprouvent un sentiment d'incompétences face aux sciences (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). Notons que ce sont ces mêmes enseignants qui préparent les jeunes pour le secondaire. Il serait également intéressant d'explorer le

contenu des manuels scolaires québécois dans l'optique de documenter le type de présentation alloué au concept de masse volumique, de même que les expériences proposées pour en dégager le niveau de compréhension des élèves.

La compréhension de concepts scientifiques, tant par les jeunes du primaire que par ceux du secondaire, est nécessaire pour favoriser l'émergence d'une société ayant une conscience élevée des tenants et des aboutissants des travaux et des découvertes en lien avec les domaines scientifiques et techniques. Le développement d'une culture scientifique citoyenne est primordial pour les générations à venir et celui-ci passe par la compréhension de concepts aussi importants que celui de la masse volumique.

RÉFÉRENCES

Abrougui, M. et Clément, P. (1996). Évolution des conceptions d'élèves de dix ans sur la génétique à la suite d'activités scolaires incluant une visite scolaire à la Cité des Enfants. *Didaskalia*, 8, 33-60.

Allard, M., Larouche, M.-C., Lefebvre, B., Meunier, A. et Vadeboncoeur, G. (1995). La visite au musée. *Réseau*, 27(4), 14-19.

Benedis-Grad, G. (2006). A Graphical Representation of the Concept Density of the Concept Density. *Science Scope*, October, 18-21.

Bêty, M.-N. (2010). Pont théorique entre les principaux modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire. *Revue canadienne des jeunes chercheuses et chercheurs en éducation*. 3(1), 1-13.

Bouchard, R. (2002). *Aventure Plus: Expéditions au coeur de la science et de la technologie, cahier B*. LIDEC

Bruyère, M.-H. et Allaire-Duquette, G. (2013). Comment les enseignants peuvent-ils éveiller et maintenir l'intérêt des filles pour les sciences et la technologie. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 43(1), 17-20.

Chartrand, S.-G. et De Koninck, G. (2009). La clarté terminologique pour plus de cohérence et de rigueur dans l'enseignement du français, *Québec français*, 154, 143-145.

Clément, P. (1994). Représentations, conceptions et connaissances. Dans A. Giordan, Y. Girault et P. Clément (Éds). *Conceptions et connaissances*. Berne, Peter Lang, p.15-45.

Comité-conseil sur les programmes d'étude (1998). Récupéré de : <http://www.ccpe.gouv.qc.ca/commission1.htm>

Conseil supérieur de l'éducation (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle secondaire*. Récupéré de : <http://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0481.pdf>

Cormier, M., Pruneau, D. et Rivard, Léonard P. (2004). S'approprier un vocabulaire scientifique en milieu minoritaire, *Cahiers Franco-Canadiens de l'Ouest*. 16(1-2), 175-197.

Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E. et Butler, S. (2008). Teaching Density to Middle School Students: Preservice Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices. *Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26.

DeWitt, J. et Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science- focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6) 685–710.

Dionne, L. (2014). Le programme Urban Advantage Un partenariat musées-écoles pour le développement professionnel en science des enseignants. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 43(3), 25-28.

diSessa, A. A. (1982). Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge-Based Learning. *Cognitive science*, 6, 37-75.

diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces, dans G. Forman et P. Pufall (Eds.). *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 49-70.

diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.

Durocher, M. (2009). *Le raisonnement scientifique des adolescents de quatrième secondaire*. Changement conceptuel en contexte de situation-problème sur les phénomènes physiques de la flottaison et de la lumière. Mémoire inédit, Université du Québec à Trois-Rivières.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.

Eastes R.-E. et Pellaud, F. (2004). Un outil pour apprendre : l'expérience contre-intuitive. *Bulletin de l'union des physiciens*, Juillet-Août.

Fortier, C. (1995). L'éducation muséale au secours de l'enseignement des sciences? *Publics et Musées*, 8, 104-111.

Fortin, M.-F. (2010), *Fondements et étapes du processus de recherche Méthodes quantitatives et qualitatives*. Chenelière Éducation inc, Montréal.

Gagné, C., Bachand, L., Durocher, R. et Samson, G. (R. Bouchard, dir. de collection) (2005). *ACTION. Science et technologie, Manuel d'apprentissage 1*. Montréal : Lidec.

Giordan, A. et Martinand, J.-L. (1988). *Communication, Éducation, culture scientifiques et industrielles*, Actes JIES 10.

Giordan, A. (1998a). Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. Dans N. Bednarz & C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs : obstacles et conflits* (p. 240-257). Montréal: Éditions Agence d'ARC.

Giordan, A. (1998b). *Apprendre !* Paris : Belin.

Giordan, A. et Pellaud, F., (2004), La place des conceptions dans la médiation de la chimie. *l'Actualité chimique*, 280-281, 9-52.

Goldring, H., & Osborne, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29(1), 26–32.

Hamadache, A. (1993), *Articulation de l'éducation formelle et non formelle*, UNESCO : Paris.

Hammer, D. (1996). Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions? *The journal of the learning sciences*, 5(2), 97-127

Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. et Stern, E. (2006). Transient and Robust Knowledge : Contextual Support and the Dynamics of Childrens' Reasoning About Density. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307-326.

Hasni, A., Samson, G., Moresoli, C., Owen, M.-È. (2009), Points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. *Revue des science de l'éducation*, 35(2), 83-105.

Hasni, A. et Potvin, P. (2013). L'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 43(1), 6-7.

Herrington, D. et Scott, P. (2011). Get in the game with Team Density. Using sports balls to confront students' naive conceptions about density. *The Science Teacher*, April/May, 58-62.

Hitt, A.M. (2005), Attacking a Dense Problem: A Learner-centered Approach to Teaching Density. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 42(1), 25-29.

Holmes, J. A. (2011) Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. *Learning Environ Res*, 14, 263–277.

Karsenti, T. et Savoie-Zajc, L. (2011). *La recherche en éducation. Étapes et approches*. Saint-Laurent : ERPI.

Kerby, H.W., Contor, J., Weiland, M., Babiarz, B., Kerby, A.W. (2010). Fusion Science Theater Presents The Amazing Chemical Circus: A New Model of Outreach That Uses Theater To Engage Children in Learning. *Journal of Chemical Education*, 87(10), 1024-1030.

Kloos, H., Fisher, A. et Van Orden, G. C. (2010). Situated naïve physics: Task constraints decide what children know about density. *Journal of Experimental Psychology*, 139(4), 625-637

Koenig, K. M., Schen, M. et Bao, L. (2012), Explicitly Targeting Pre-service Teacher Scientific Reasoning Abilities and Understanding of Nature of Science through an Introductory Science Course. *Science Educator*, 21(2), 1-9.

Laliberté, B. (2013). *Incidence du raisonnement analogique et des croyances épistémologiques sur le changement conceptuel intentionnel en apprentissage des sciences au primaire*. Exploration de la flottabilité. Thèse inédite, Université du Québec à Trois-Rivières.

Landry, B. et Mercier, M. (1983). *Notions de géologie*, Outremont : Modulo.

Lasry, N. (2007). Enseigner les sciences par la magie. Dans Potvin, Patrice, Riopel, Martin et Masson, Steve. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Québec: Multimodes.

Lee G., Kwon J., Park S.-S., Kim J-W, Kwon, H-G, Park H.-K. (2003), Development of an Instrument for Measuring Cognitive Conflict in Secondary-Level Science Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 585–603.

Lee, Y. C. et Kwok, P. W. (2010). Transforming a traditional hands-on activity into an enquiry activity to foster more in-depth understanding of the concept of density. *Physics Education*, 45(5), 533-538.

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. (3^e éd.). Montréal: Guérin.

Legrand, A. (1891). Le traité des corps flottants d'Archimède. Traduction nouvelle. *Journal de Physique Théorique Appliquée*, 10(1), 437–457. Récupéré de : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/23/95/63/PDF/ajp-jphystap_1891_10_437_0.pdf.

Lepage, M. & Samson, G. (2011). Création et animation d'activités d'intéressement aux sciences : un projet prometteur de collaboration. Dans Samson, G., Hasni, A. Gauthier,

D. Potvin, P. (Sous la direction de). *Pour une collaboration école-université en science et techno. Des pistes pour l'apprentissage*. Québec : Les Presses de l'Université du Québec (PUQ). Collection Éducation-Intervention, p. 149-165.

Leroux, D. Y., Dumas, A., Bertrand, I. et Lussier, J.-F. (2004). *Science-tech D, manuel de l'élève, 2e année du 3e cycle*, HRW-Le Grand Duc.

Martinand, J.-L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie : quelle relation ? *Didaskalia*, 2, 89-99.

Martinand, J.-L. (2010). Schémas didactiques pour la modélisation en sciences et technologies. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 40(1), 20-24.

Maulini, O. et Montandon, C. (2005). *Les formes de l'éducation : variété et variations*. Bruxelles : De Boeck Université.

MELS (2006a) Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement secondaire premier cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.

MELS (2006b) Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. *Programme de formation de l'école québécoise, Éducation préscolaire enseignement primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

Meunier, A. (2008) L'éducation muséale, un rapport au savoir. Dans Verhagen, P. et Champion, B. (dirs.). *Recherche en communication*, numéro thématique spécial *La pensée iconique*, 29. Université catholique de Louvain-la-Neuve.

Métioui, A. et Samson, G. (2011). Conception de séquences d'enseignement et d'apprentissage à l'égard des transformations physiques de la matière : le modèle particulière. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 40(3), 14-18.

Neiryneck, J. (1999). Analyse des effets de deux modalités de prise en compte des conceptions sur l'apprentissage de concepts en sciences physiques. *Cahiers de la recherche en éducation*, 6(3), 323-350. Récupéré de : <http://id.erudit.org/iderudit/1016974ar>

OCDE (2010). *Recognising Non-formal and Informal Learning Pointers for policy development*. Directorate for Education, Education and Training Policy Division. Récupéré de : <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/45138863.pdf>

Orange, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *ASTER*, 37, 83-107.

Ortleib, E. et Norris, M. (2012). Using the Think-Aloud Strategy to Bolster Reading Comprehension of Science Concepts. *Current Issues in Education*, 15(1), 1-8. Récupéré de : <http://cie.asu.edu/ojs/index.php/cieatasu/article/view/890>.

Oyoo, S. O., (2012). Language in Science Classrooms: An Analysis of Physics Teachers' Use of and Beliefs About Language. *Research in Science Education*, 42(5), 849-873.

Penner, D. E., Klahr, D. (1996). When to trust the data: Further investigations of system error in a scientific reasoning task. *Cognition*, 24(5), 655-668.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Potvin, P., Riopel, M. et Masson, S. (2007). *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Québec : Multimondes.

Potvin, P. (2007). Enseigner les sciences en considérant le rôle de l'intuition dans l'apprentissage. Dans Potvin, P., Riopel, M. et Masson, S. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Québec : Multimodes.

Potvin, P. (2011). *Manuel d'enseignement des sciences et de la technologie*. Québec : Multimondes.

Rappolt-Schlichtmann, G., Tenenbaum, H.R., Koepke, M. F. et Fischer, K.W. (2007). Transient and robust knowledge: Contextual support and the dynamics of children's reasoning about density. *Journal Compilation International Mind, Brain, and Education*, 1(2), 98-109.

Richard, V., Arseneau, I. et Lafleur, M. (2014). Visiter les aspects culturels et le plaisir de faire des sciences par la démonstration. *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 43(3), 29-31.

Richard, V. et Bader, B. (2010). Re-presenting the social construction of science in light of the propositions of Bruno Latour: For a renewal of the school conception of science in secondary schools. *Science Education*, 94(4), 743-759.

Rolando, J.-M., Ballini, P. et Robardet, G. (1997). L'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques. Propositions pour l'enseignement du concept d'énergie en Première S. *ASTER*, 24, 81-112.

Roth, K. J., Anderson, C. W., Smith, E. L. (1986). Curriculum materials, teacher talk, and student learning: Case studies in fifth-grade science teaching. *Curriculum Studies*, 19(6), 527-548.

Roth, W.-M. (2008). The nature of scientific conceptions: A discursive psychological perspective. *Educational Research Review*, 3(1), 30-50.

Rowell, J. A et Dawson, C. J. (1977). Teaching About Floating and Sinking: An Attempt to Link Cognitive Psychology with Classroom Practice. *Science Education*, 61(2), 243–251.

Samson, G. (2004). *Le transfert de connaissances entre les mathématiques et les sciences*. Une étude exploratoire auprès d'élèves de 4^e secondaire. Thèse, UQAM. Récupéré de : <http://bibvir.uqac.ca/theses/18194211/18194211.pdf>.

Samson, G. (2010, Juin). Défis, limites et perspectives entourant les pratiques enseignantes en mathématiques, sciences et technologie dans le contexte québécois. Communication présentée dans le cadre du colloque « *Perspectives futures sur la recherche en éducation scientifique et technologique* » 16^e congrès de l'association mondiale des sciences de l'éducation. (P. Charland, P. Potvin, J. Mercier, M. Riopel, F. Fournier, K. Bouraoui, J. Ginestier, P. Leroux), 31 au 4 juin, Université de XXXs, Monterrey (Mexique).

Samson, G. (2011, Août). *Determining Factors Influencing Attitudes Regarding Sciences: Case Study of Quebec Youth*. Communication présentée dans le cadre de EARLI, Exeter, Angleterre.

Samson, G., Couture, C., Bélanger, M., Lepage, M., Gaudreault, M. et St-Cyr, J.-F. (2013, mai). *La valorisation des sciences et de la technologie. Une rencontre entre l'éducation formelle et informelle*. Communication présentée dans le cadre de la première « Journée d'échanges et de concertation sur la complémentarité des activités formelles et informelles en éducation scientifique en Mauricie ». Shawinigan.

Samson, G., Hasni, A., Potvin, P. et Gauthier, D. (dir.) (2011). *Pour une collaboration école-université en science et techno. Des pistes pour l'apprentissage*. Québec : Presses universitaires du Québec.

Samson, G, Trudel, M., Lachance, P., Beauséjour, D., et Pittet D. (sous presse). « Un wiki pour construire sa compréhension en sciences et technologie: (re)découvrons les racines

latines et grecques au primaire. » Dans *Utiliser les TIC pour l'enseignement des sciences et technologies*. Sous la direction de Fournier, F., Leroux, P., Charland, P., Potvin, P. et Riopel, M. Éditions Multimondes.

Séguin, F. (1987). *La bombe et l'orchidée*, Montréal: Libre Expression.

Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. et Davis, H. (1997). Teaching for understanding: a study of students' pre-instruction 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.

Stavridou, H. et Grammenos, S. (2009). Teaching with “The Density Notebook”: Learning Outcomes about the Concepts of Mass, Volume and Density. *The International Journal of Learning*, 16(7), 311-323.

Tariq, V. N. (2008). Defining the problem: mathematical errors and misconceptions exhibited by first-year bioscience undergraduates. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 39(7), 889–904.

Thouin, M. (1985). Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes. *Revue des sciences de l'éducation*, 11(2), 247-258.

Thouin, M. (1999). *Problèmes de sciences et de technologie pour le préscolaire et le primaire*. Québec : Multi-Mondes.

Thouin, M. (2006). *Resoudre des problemes scientifiques et technologiques au prescolaire et au primaire* Sainte-Foy : MultiMondes

Toussaint, R., Lavigne, A., Laliberté, B. et coll. (2001). *Apprentissage et enseignement des sciences et de la technologie au primaire*. Boucherville : Gaétan Morin éditeur, 278 p.

Trudel, L., Parent, C. et Métioui, A. (2010). Démarche, cheminement et stratégies : une approche en trois phases pour favoriser la compréhension des concepts scientifiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(3), 149-172.

Trudel, L., Simard, C. et Vonarx, N. (2007), La recherche qualitative est-elle nécessairement exploratoire ? *Recherches Qualitatives*, Hors-série 5, 38-45

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45- 69.

Watson, W. A. (2010). *Middle School Students' Experiences on a Science Museum Field Trip as Preparation for Future Learning*. Thèse, UMI dissertation publishing, UMI 3397645

Xu, L. et Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education*, 42, 769–789.

Zimmermann-Asta, M.-L. (1997). *La perturbation conceptuelle : un outil didactique*. Actes des 19^e journées sur l'éducation scientifique de Chamonix (sous la direction de : A. Giordan, J.-L. Martinand, D. Raichvarg), Paris, 527-530.

Zhou, G. (2010). Conceptual Change in Science: A Process of Argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(2), 101-110.

APPENDICES

Appendice 1 : Certificat d'éthique

Le 30 janvier 2013

Monsieur Jean-François Gagnon
Étudiant
Département des sciences de l'éducation

Monsieur,

Votre protocole de recherche **Impact d'une visite au Centre de Démonstration en Sciences (CDES) sur la compréhension de la masse volumique auprès d'élèves de 2^e secondaire** a été soumis au comité d'éthique de la recherche pour approbation lors de la 187^e réunion tenue le 25 janvier 2013.

Bien que, selon le comité, des corrections méritent d'être apportées à votre demande, le comité a pris la décision de vous octroyer dès maintenant votre certification afin de ne pas retarder indûment vos travaux. Cependant, le comité s'attend à ce que vous opérerez les modifications demandées et que vous nous fassiez parvenir, par courriel ou par courrier, les documents modifiés pour qu'ils soient annexés à votre dossier.

Dans la lettre d'information, le comité vous demande, dans la section « Participation volontaire », d'ajouter que le refus de participer n'aura aucun impact sur les résultats scolaires et les services offerts par l'école.

Dans le formulaire de consentement, enlever « enseignant à l'école [REDACTED] » puisque vous ne faites pas cette recherche à titre d'enseignant à l'école [REDACTED] mais bien à titre d'étudiant à l'UQTR.

Le certificat porte le numéro CER-13-187-06.08 et sa période de validité s'étend du 30 janvier 2013 au 30 janvier 2014. Nous vous invitons à prendre connaissance de l'annexe à votre certificat qui présente vos obligations à titre de responsable d'un projet de recherche.

Veillez agréer, Monsieur, mes salutations distinguées.

LA SECRÉTAIRE DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

FANNY LONGPRÉ

Agente de recherche

Décanat des études de cycles supérieurs et de la recherche

FL/sb

p.j. Certificat d'éthique

c.c. Monsieur Ghislain Samson, professeur au département des sciences de l'éducation

Appendice 2 : Questionnaire prétest (et post-test)

Code : _____

Date : _____

Prétest ou Post-test

1. Dans tes mots, explique ce que représente la masse volumique ?

2. Dans tes mots, explique ce que représente la densité ?

3. Connais-tu la valeur de la masse volumique de l'eau ?

Non Oui Si oui, quelle est-elle ? _____

4. On place une pièce de monnaie dans un bécher contenant 25 ml d'eau, que se passera-t-il ?

5. On place dans un aquarium contenant de l'eau les objets suivants :

- un petit bateau-jouet
- un clou
- une gomme à effacer
- un morceau de styromousse

Classe les quatre (4) objets dans le tableau suivant et **explique** ton choix :

Coule	Explications
Flotte	Explications

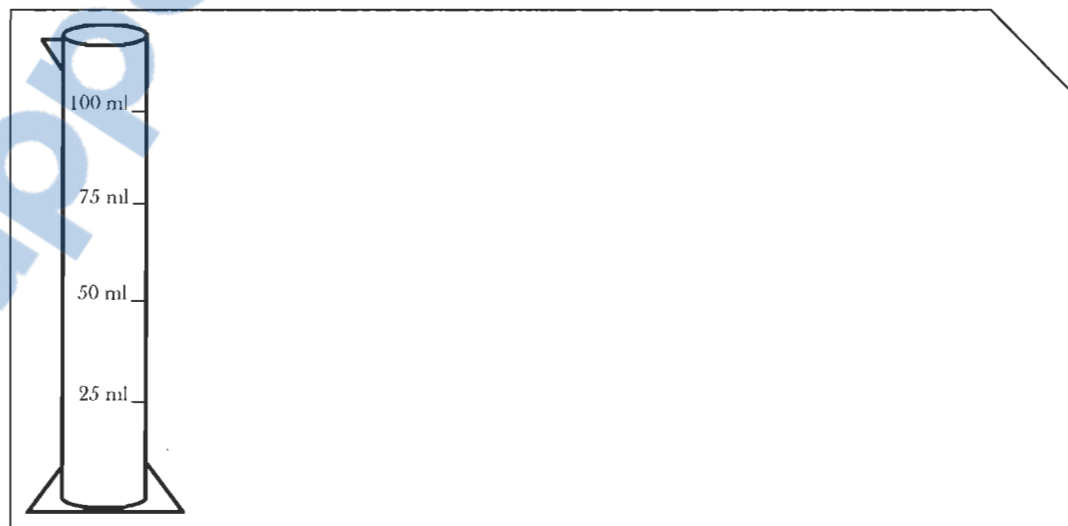
6. On place dans un cylindre gradué, de 25 millilitres, chacun des liquides suivants :

- alcool (0,7 g/ml)
- eau (1 g/ml)
- huile (0,8 g/ml)
- mercure (13,2 g/ml)

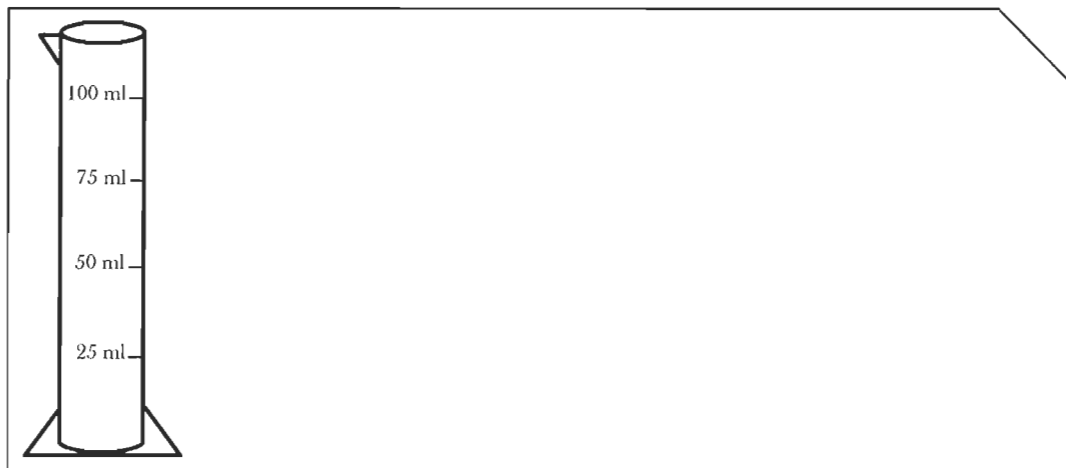
Connaissant leur masse volumique respective (valeur entre parenthèses), comment se répartiront les quatre (4) liquides dans le cylindre gradué ? Inscris tes réponses dans le schéma (cylindre gradué).



7. On place 25 ml d'eau (1g/ml) et 25 ml d'huile (0,8 g/ml) dans un cylindre gradué, comment se répartiront-ils ? Inscris tes réponses dans le schéma (cylindre gradué).



8. On place 25 ml d'eau (1g/ml) et 75 ml d'huile (0,8 g/ml) dans un cylindre gradué. Illustre comment les deux liquides vont se répartir, en indiquant par un trait leur niveau sur le cylindre gradué.



9. Au laboratoire, on effectue les mesures suivantes:

Masse d'un liquide inconnu	10,0 grammes
Volume d'un liquide inconnu	12,0 millilitres

Calcule la valeur de la masse volumique du liquide inconnu ? Laisse des traces de tes calculs.



10. Au laboratoire, on effectue les mesures suivantes:

Masse d'un objet solide inconnu	15,0 grammes
Volume d'eau dans un cylindre gradué	20,0 millilitres
Volume d'eau avec l'objet solide inconnu dans un cylindre gradué	27,5 millilitres

- a) Calcule la valeur de la masse volumique du liquide inconnu ? Laisse des traces de tes calculs.

- b) Si cet objet inconnu est placé dans un contenant d'eau, flottera-t-il ou coulera-t-il ? Explique ta réponse.

Appendice 3 : Trois Ateliers Flotte/Coule inspiré de PREST®

Atelier 1 : Objets Flotte/Coule

Partie 1 : Prédications

A partir des objets présentés, peux-tu **prédire** quel sera leur comportement (flotte ou coule) **si** tu les déposais à la surface de l'eau du bac ?

FLOTTE	COULE

Partie 2 : Hypothèses

Peux-tu dire pourquoi les éléments que tu supposes qu'ils flottent, devraient flotter ?

Peux-tu dire pourquoi les éléments que tu supposes qu'ils coulent, devraient couler ?

Partie 3 : Expérimentation

Réalise l'expérimentation en plaçant les objets, un par un, à la surface de l'eau.
Dans le tableau de la partie 1 :

- ✓ Encerle le nom des objets qui ont le comportement prédit.
- ✓ Trace une flèche (\longrightarrow ou \longleftarrow) pour changer de colonne les végétaux qui ont eu un comportement différent.

Ex.

Flotte	Coule
Plume	
brique \longrightarrow	\longrightarrow

Partie 4 : Explications

A partir de tes connaissances personnelles, des éléments de la conférence/démonstration du CDES et des informations scolaires, explique les comportements :

A Des objets qui flottaient et dont tu avais prévu qu'ils flottent

B Des objets qui collaient et dont tu avais prévu qu'ils collent

C Des objets qui flottaient mais que tu avais prévu qu'ils collent

D Des objets qui collaient mais que tu avais prévu qu'ils flottent

Cet atelier est inspiré des activités du PREST (Pôle Régional pour l'Enseignement des Sciences et des Technologies). Nous tenons à remercier monsieur Stéphane Baillargeon pour son ouverture et son acceptation à vouloir partager ses activités que nous avons adaptées dans le cadre de ce projet de maîtrise.

Atelier 2 : Végétaux Flotte/Coule

Partie 1 : Prédiction

À partir des fruits et légumes présentés, peux-tu **prédire** quel sera leur comportement (flotte ou coule) **si** tu les déposais à la surface de l'eau du bac?

FLOTTE	COULE

Partie 2 : Hypothèses

Peux-tu dire pourquoi les végétaux que tu supposes qu'ils flottent, devraient flotter?

Peux-tu dire pourquoi les végétaux que tu supposes qu'ils coulent, devraient couler?

Partie 3 : Expérimentation

Réalise l'expérimentation en plaçant les végétaux, un par un, à la surface de l'eau.
Dans le tableau de la partie 1 :

- ✓ Encercler le nom des végétaux qui ont le comportement prédit.
- ✓ Trace une flèche (\longrightarrow ou \longleftarrow) pour changer de colonne les végétaux qui ont eu un comportement différent.

Ex.

Flotte	Coule
poivron	
patate	\longrightarrow

Partie 4 : Explications

À partir de tes connaissances personnelles, des éléments de la conférence/démonstration du CDES et des informations scolaires, explique les comportements :

A) Des végétaux qui flottaient et dont tu avais prévu qu'ils flottent

B) Des végétaux qui coulaient et dont tu avais prévu qu'ils coulent

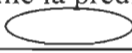
C) Des végétaux qui flottaient mais que tu avais prévu qu'ils coulent

D) Des végétaux qui collaient mais que tu avais prévu qu'ils flottent

Note toute nouvelle expérimentation réalisée en précisant :

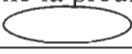
Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		

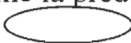
Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		


Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		


Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		

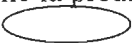
Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		

Expérience nouvelle :

(description)

Prédiction	Flotte	Coule
Hypothèse		
Résultat	comme la prédiction 	Différent de la prédiction → ←
Explication		

Cet atelier est inspiré des activités du PREST (Pôle Régional pour l'Enseignement des Sciences et des Technologies). Nous tenons à remercier monsieur Stéphane Baillargeon pour son ouverture et son acceptation à vouloir partager ses activités que nous avons adaptées dans le cadre de ce projet de maîtrise.

Atelier 3 : Masse, volume, masse volumique et poussée d'Archimède

Pourrais-tu faire flotter des billes avec le matériel mis à ta disposition?

Propose trois options pour expliquer comment tu vas procéder... *(tu peux réaliser un dessin pour nous aider à bien comprendre ta démarche).*

Option 1

Option 2

Option 3

A) Quelle option te semble la meilleure ?	1	2	3
Expliquez ton choix _____ _____ _____ _____ _____			

B Expérimentation : Réalisez l'option retenue.

C Combien de billes peux-tu faire flotter sans que les objets ne tombent au fond du bac d'eau?

D Mesure le **volume** de votre prototype?

Hauteur ____ cm x Longueur ____ cm x Largeur ____ cm = _____ **cm³**

E Mesure la **masse** de votre prototype et de toutes les billes qu'il a pu faire flotter ?

Masse : _____ **g**

F Pour calculer la **poussée d'Archimède** appliquée sur votre prototype pour le maintenir à flot, il faut **multiplier la masse du prototype et des billes qu'il a fait flotter** **E** ($\div 1\,000$) à la constante gravitationnelle de $9,8\text{ N/kg}$

$$\frac{\text{Masse kg}}{1\,000} \times \frac{9,8\text{ N}}{\text{kg}} = \text{_____ N}$$

G Pour calculer la **masse volumique**, il vous faudra **diviser la masse du prototype et des billes qu'il a fait flotter** **E** par le volume de votre prototype **D**

$$\rho = \text{_____ Masse (g)} \div \text{_____ volume (cm}^3\text{)}$$

$$\rho = \text{_____ g/cm}^3$$

Cet atelier est inspiré des activités du PREST (Pôle Régional pour l'Enseignement des Sciences et des Technologies). Nous tenons à remercier monsieur Stéphane Baillargeon pour son ouverture et son acceptation à vouloir partager ses activités que nous avons adaptées dans le cadre de ce projet de maîtrise.

Appendice 4 : Questionnaire semi-dirigé pour la discussion de groupe

Schéma groupe de discussion

Bonjour élève du groupe 2-06 et merci de participer à cette entrevue de groupe.

Impact d'une visite au Centre de démonstrations en sciences sur la compréhension de la masse volumique auprès d'élèves de 2^e secondaire.

Par Jean-François Gagnon

Consignes générales :

Pour les 30 prochaines minutes, je vais vous poser des questions. Il n'y a pas de bonnes et de mauvaises réponses. Allez-y selon ce que vous savez et connaissez. Vos réponses n'influenceront pas vos résultats académiques.

Êtes-vous prêt(e)? Je vais démarrer l'enregistrement pour garder des traces de nos échanges.

Section 1.0 A la suite de la conférence-démonstration au CDES

- 1.1 Vous rappelez-vous de la boule de quille immergée dans un bassin durant la conférence-démonstration au Centre de démonstration en sciences? Pourriez-vous m'expliquer dans vos mots comment s'est déroulée cette présentation?
- 1.3 La mesure indiquée par le dynamomètre (le crochet avec un cadran) est-elle demeurée la même durant cette expérience?
- 1.4 La masse de la boule de quille est-elle demeurée la même durant l'expérience? Quelle est la différence entre la masse et le poids selon toi?
- 1.5 La boule de quille avait-elle la même grosseur avant d'entrer dans le bassin et après en être ressortie?
- 1.6 La boule de quille était-elle réellement plus grosse dans l'eau du bassin ou avait-elle l'air plus grosse?
- 1.7 (Seulement si la réponse 1.3 est négative) Selon vous, pourquoi le dynamomètre indiquait une valeur plus petite lorsque la boule de quille était immergée dans le bassin?

Section 2.0 À la suite de la séance de laboratoire « Flotte et coule »
--

- 2.1 Avez-vous eu des surprises avec l'expérience des fruits? Lesquelles?
- 2.2 Pouvez-vous me décrire comment la carotte s'est comportée une fois dans l'eau?
- 2.3 Est-ce l'orange avec pelure ou sans pelure qui flottait ? Expliquez votre réponse.
- 2.4 Avez-vous réussi à proposer une méthode pour prédire quels fruits ou légumes couleraient ou flotteraient?
- 2.5 Avez-vous réussi à faire flotter les billes avec un bateau? Comment avez-vous réalisé cette expérience ?
- 2.7 Est-ce que c'était plus facile de réaliser un bateau en aluminium ou en pâte à modeler? Pourquoi?
- 2.8 Selon vous, pourquoi le bateau flotte-t-il?

Section 3.0 À la suite à la séquence d'enseignement sur la masse volumique
--

- 3.1 Pourquoi tous les objets ne flottent-ils pas?
- 3.2 Dans vos mots, pouvez-vous m'expliquer ce que vous comprenez de la masse volumique?
- 3.3 Deux objets en styromousse de même masse volumique, un petit cube et un énorme cube, sont placés dans une piscine. Comment vont-ils se comporter ?
- 3.4 La masse volumique est-elle la seule responsable du fait que les objets coulent ou flottent? Expliquez et donnez des exemples.
- 3.5 Comment nomme-t-on le principe qui permet d'expliquer pourquoi les objets flottent ou coulent?

Appendice 5 : Différents modèles atomiques

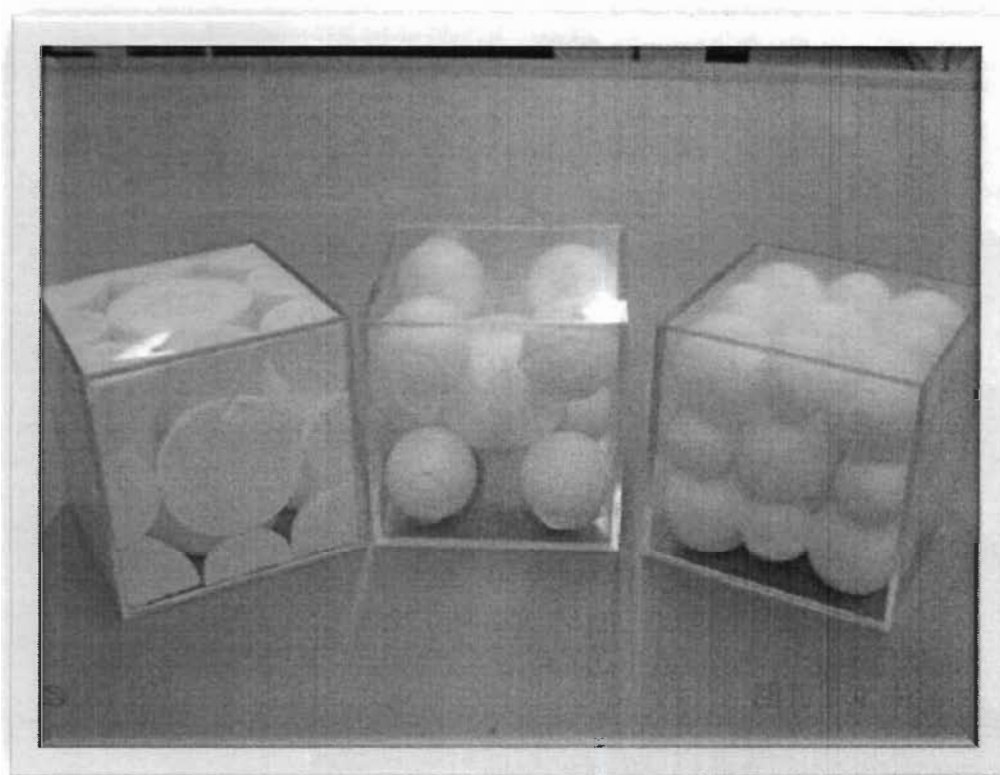


Figure 5 : Photographie illustrant différents matériaux selon leurs modèles atomiques.

Photographie tirée de l'article de Lee et Kwok (2010), page 537