

Mémoire de fin d'études à la HEP-VS

Evolution des représentations d'élèves au sujet de la dissolution

Auteure :

Gaëlle Cretton

Sous la direction de :

Monsieur Samuel Fierz

St-Maurice, le 20 février 2012

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Monsieur Samuel Fierz, notre directeur de mémoire, pour sa disponibilité, sa collaboration et ses multiples conseils. Merci également à tous les enseignants nous ayant accueillis dans leur classe pour nous permettre d'interroger leurs élèves. Sans leur collaboration précieuse, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible. Finalement, nous remercions particulièrement toutes les personnes de notre entourage qui nous ont soutenus, encouragés et qui ont relu notre travail pour nous faire part de leurs critiques constructives.

Résumé

Ce travail de mémoire traite du rôle des représentations des élèves au sujet de la dissolution, plus précisément de leur évolution durant la scolarité ainsi que leur résistance face à l'enseignement. Une représentation est un savoir que l'individu possède avant même qu'un enseignant ne le lui transmette et qui a tendance à perdurer au-delà de la scolarité. Il est donc important de les prendre en considération, afin que ce *déjà-là* puisse être déconstruit. Les risques d'ignorer les représentations des élèves sont nombreux ; elles ont tendance à ressurgir tant elles sont solides pour la personne qui les a construites. En les analysant, il est possible d'établir des catégories permettant ainsi de mieux se rendre compte des idées sous-jacentes. Toute la question réside donc dans les stratégies à mettre en place afin de permettre aux élèves de *construire* de nouveaux concepts et non *d'accumuler* divers savoirs.

La question de recherche traitée dans ce travail est la suivante : « *Au fil de leur scolarité, quelles représentations les enfants ont-ils au sujet de la dissolution et en quoi la littérature permet-elle de les catégoriser afin de les prendre véritablement en considération?* » A partir de là découlent différentes hypothèses. La première est la suivante : au fil de la scolarité, les élèves expliquent le phénomène de la dissolution de manière de plus en plus précise en utilisant un vocabulaire adapté et des représentations erronées n'apparaissent plus dès l'âge de 14 ans. Ensuite, nous avons une deuxième hypothèse : les élèves de 2^e année du cycle d'orientation ont intégré le phénomène de la dissolution, étudié l'année précédente ; quant aux élèves des autres degrés, ils font des raisonnements intuitifs pour expliquer le phénomène. Finalement, la troisième hypothèse est formulée ainsi : le modèle de pensée dit *animisme enfantin* caractérise les élèves d'enfantine mais n'apparaît plus chez ceux des degrés suivants.

Le thème de la dissolution a été choisi et expérimenté dans des classes de 1^{ère} enfantine, 2^e et 5^e primaire, ainsi qu'en 2^e année du cycle d'orientation. Les méthodes de récolte des représentations utilisées sont les suivantes : entretiens semi-directifs pour les deux premières classes et textes explicatifs illustrés par des schémas pour les deux autres. Suite à l'analyse des résultats et à leur interprétation, des catégories ont été établies et des comparaisons entre les différents degrés ont pu être effectuées.

Les résultats démontrent que les élèves de 2^e du cycle d'orientation ont retenu des termes de vocabulaire appris l'année précédente, lors de l'étude du phénomène de la dissolution, mais ne parviennent pas toujours à les mettre en lien pour expliquer clairement le phénomène. Les résultats de ce travail ont également permis de catégoriser les conceptions des élèves, que ce soit par rapport aux causes expliquant la dissolution ou au sujet du sel plus particulièrement.

Mots-clés :

- Didactique des sciences
- Représentations (conceptions)
- Statut de l'erreur
- Concept scientifique

Table des matières

1. INTRODUCTION	6
2. PROBLÉMATIQUE	7
2.1. UN CHANGEMENT DANS LA DIDACTIQUE DES SCIENCES	7
2.2. SITUATION DE LA RECHERCHE	8
2.3. <i>CONCEPTION</i> : DÉFINITION ET EXPLICATIONS	9
2.4. LE STATUT DE L'ERREUR	10
2.4.1. BACHELARD	10
2.4.2. PIAGET	12
2.5. LE RÉEL ET SA PERCEPTION	12
2.6. QUI EST CONCERNÉ PAR LES CONCEPTIONS ?	13
2.7. D'OÙ VIENNENT LES CONCEPTIONS ?	14
3. CADRE CONCEPTUEL	14
3.1. LA DIVERSITÉ DES CONCEPTIONS ET LEUR ÉVOLUTION DURANT LA SCOLARITÉ	14
3.1.1. CONCEPT SCIENTIFIQUE	14
3.1.2. DÉVELOPPEMENT COGNITIF ET AFFECTIF DE L'ENFANT : LE DÉVELOPPEMENT DE SA PENSÉE	17
3.1.3. DÉVELOPPEMENT DES PETITES ET GRANDES IDÉES	19
3.2. CE QUE LA LITTÉRATURE SUGGÈRE DE FAIRE AVEC CES CONCEPTIONS	20
3.2.1. L'ENSEMBLE DES POSSIBLES DE GIORDAN	20
3.2.2. LES POINTS DE VUE D'ASTOLFI, GIORDAN ET BACHELARD	20
3.2.3. MIEUX CONNAÎTRE LES ÉLÈVES GRÂCE AUX CONCEPTIONS	21
3.2.4. PRISE EN COMPTE DIDACTIQUE DES CONCEPTIONS	22
3.2.5. OUBLIER LES CONCEPTIONS DES APPRENANTS	23
3.2.6. LE MODÈLE ALLOSTÉRIQUE	24
4. QUESTIONS DE RECHERCHE	24
5. DISPOSITIF MÉTHODOLOGIQUE	25
5.1. L'ÉCHANTILLONNAGE	25
5.2. LE SUJET RETENU : LA DISSOLUTION	25
5.3. COMPRÉHENSION ACTUELLE DE LA DISSOLUTION PAR LES SCIENTIFIQUES	26
5.4. MÉTHODOLOGIE : L'ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF ET L'ANALYSE DE CONTENU	27
5.4.1. L'ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF	27
5.4.2. L'ANALYSE DE CONTENU	28
6. ANALYSE DES RÉSULTATS	29
6.1. ANALYSE DES 1 ^{ÈRE} ENFANTINE	30
6.2. ANALYSE DES 2 ^E PRIMAIRE	33
6.3. ANALYSE DES 5 ^E PRIMAIRE	37
6.4. ANALYSE DES 2 ^E DU CYCLE D'ORIENTATION	39
6.5. ESSAI DE COMPARAISON DES DIFFÉRENTS DEGRÉS	44
7. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	46
7.1. HYPOTHÈSE 1	46
7.2. HYPOTHÈSE 2	48
7.3. HYPOTHÈSE 3	50
7.4. LIENS AVEC L'ENSEIGNEMENT	51

8. CONCLUSION	56
8.1. SYNTHESE DES RESULTATS	56
8.2. CONCLUSION THEORIQUE	57
8.3. CONCLUSION METHODOLOGIQUE	57
8.4. CONCLUSION PRATIQUE	58
8.5. PERSPECTIVES ET PROLONGEMENTS POSSIBLES	58
9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	60
10. TABLE DES ANNEXES	62
ANNEXE I : 20 ELEVES DE 1 ^{ERE} ENFANTINE	63
ANNEXE II : 15 ELEVES DE 2 ^E PRIMAIRE	66
ANNEXE III : 18 ELEVES DE 5 ^E PRIMAIRE	70
ANNEXE IV : 20 ELEVES DE 2 ^E DU CYCLE D'ORIENTATION	72
11. ATTESTATION D'AUTHENTICITE	76

1. Introduction

Dès le début de notre formation à la HEP, nous avons manifesté un intérêt particulier pour l'enseignement des sciences. Les cours théoriques en lien avec cette didactique nous ont immédiatement intéressées, particulièrement en raison des nouvelles méthodes préconisées : élève au centre des préoccupations, grande place à l'expérimentation, changement d'optique quant au statut de l'erreur... Lors de la mise en pratique de ces savoirs théoriques, durant nos différents stages, nous avons éprouvé un réel plaisir à enseigner cette branche et notre motivation ne cessait de s'accroître. L'un des principaux aspects travaillés lors de notre formation théorique concernait les représentations des élèves, à savoir leurs connaissances préalables avant l'enseignement d'un nouveau thème. Nous avons cependant remarqué que ce principe visant à récolter les conceptions initiales des élèves afin de les prendre en considération lors de l'enseignement, est actuellement rarement pratiqué de manière systématique.

Afin de mieux nous rendre compte de l'évolution de ces représentations, nous avons décidé de mener une expérience sur la dissolution avec des élèves de quatre degrés différents. La question se trouvant à la base de notre recherche est formulée ainsi : au fil de leur scolarité, quelles représentations les enfants ont-ils au sujet de la dissolution et en quoi la littérature permet-elle de les catégoriser afin de les prendre véritablement en considération? Cette interrogation nous a ensuite permis de clarifier le chemin que nous désirions parcourir et a finalement abouti sur deux principales sous-questions, à savoir l'évolution des représentations ainsi que la manière de les catégoriser. En arrière-fond de notre travail se trouve évidemment toute la problématique en lien avec notre futur métier d'enseignantes : comment récolter des représentations pour ensuite les prendre véritablement en considération et quelles sont les conséquences d'un enseignement ne les prenant pas en compte ?

Après avoir élaboré la problématique de notre recherche, nous cadrerons davantage notre travail, en précisant tout d'abord, sur un plan historique, le changement qui s'est opéré dans la didactique des sciences. Puis, la situation de notre propre recherche sera précisée et nous définirons le terme central, à savoir les *conceptions*, en expliquant déjà les principales caractéristiques de cette notion. Le statut de l'erreur retiendra également notre attention, son rôle étant primordial dans le cadre de notre recherche.

Suite à cette problématique, nous élaborerons notre cadre conceptuel, afin de définir les principaux concepts apparaissant dans notre travail. Ce point sera divisé en deux parties, le premier traitant des conceptions en soi et de leur évolution, alors que le deuxième concerne davantage les suggestions et recommandations préconisées par la littérature scientifique.

Concernant les conceptions et leur évolution, nous expliquerons tout d'abord la notion de *concept scientifique* dans le but de comprendre comment un tel élément peut se construire chez un individu. Puis, nous nous arrêterons sur le développement de la pensée chez les enfants, afin de mieux cerner leurs différentes manières de percevoir le monde qui les entoure. Par la suite, nous différencierons les *petites* des *grandes idées* pour comprendre comment il est possible de construire des savoirs, sans pour autant que ceux-ci ne soient fragmentés.

Pour la deuxième partie de notre cadre conceptuel, en lien avec la littérature, nous traiterons des aspects tels que les suggestions pour transformer des représentations, leur prise en compte didactique, la manière de planifier ses cours en tant qu'enseignant, ainsi

que les risques que comportent un enseignement qui ne les prend pas en considération. Nous établirons également un comparatif des idées de trois auteurs sur ce sujet : Astolfi, Giordan et Bachelard. Nous comprendrons ensuite combien il est enrichissant pour l'enseignant de s'intéresser aux représentations de ses élèves, car elles lui permettent de les connaître davantage. Ceci nous permettra de déboucher sur le *modèle allostérique*, à savoir la manière de redéfinir les rôles des élèves et des enseignants pour mettre en place un enseignement qui prend en compte les conceptions des apprenants.

Ces recherches théoriques nous permettront alors de préciser le cadre de notre recherche et de définir les sous-questions présentées préalablement. Pour y répondre, nous avons choisi le thème de la dissolution et avons mené des entretiens de type *semi-directifs* au sein de deux classes (1^{ère} enfantine et 2^e primaire). Les élèves plus âgés de 5^e primaire et 2^e du cycle d'orientation ont rédigé un texte, illustré par des schémas, afin d'expliquer leurs idées. Suite à une analyse de contenu et à l'interprétation des résultats, nous pourrions catégoriser les représentations des élèves et dresserons finalement un parallèle entre les divers niveaux dans le but de les comparer et de cerner une éventuelle évolution.

Notre enthousiasme par rapport à ce thème n'a cessé de croître au fil de l'avancée de notre recherche et nous avons réellement pu cerner l'utilité de ce travail pour notre future pratique professionnelle.

2. Problématique

2.1. Un changement dans la didactique des sciences

Durant l'évolution des méthodes en lien avec la didactique des sciences, les principes et préoccupations n'ont pas toujours été identiques. Dans les années 1980, une rénovation au niveau de l'enseignement des sciences a été entreprise aux Etats-Unis. L'un des principaux objectifs était de permettre à tous les élèves d'acquérir une certaine culture dite *de base* dans les sciences, dans les mathématiques et les autres technologies. Comme l'explique V. A. Da Silva (2004), il s'agissait d'éliminer toute forme de discrimination qui risquerait de nuire au développement économique. A ce stade, des nouveaux objectifs ont dû être fixés et les buts redéfinis. La question qui s'est alors posée concernait la méthode d'enseignement à utiliser pour que chaque élève puisse atteindre ces différents objectifs. La solution se trouve dans le terme *Inquiry* (recherche de renseignements) qui apparaît dans la quasi totalité des textes de cette période : les élèves doivent être encouragés à s'investir, dans des activités qui leur paraissent intéressantes. « L'investigation portant sur des questions authentiques engendrées par les expériences des élèves est la stratégie centrale pour enseigner la science » (Da Silva, 2004, p.14). Les élèves doivent observer, s'interroger, faire des examinations et remettre en question leurs connaissances et leurs idées préalables. L'élève doit identifier les problèmes, mettre en œuvre sa pensée critique pour comprendre des phénomènes naturels et des questions d'ordre social auxquels il est confronté dans sa vie quotidienne. La prise en compte du réel devient alors centrale. La méthode qui en découle s'intitule *Inquiry for conceptual change* (recherche de renseignements pour un changement conceptuel)¹. Selon cette nouvelle méthode, il s'avère indispensable de tenir compte des connaissances des élèves et d'impliquer réellement les enfants dans les activités pour les rendre actifs. La tâche de l'enseignant consiste donc à

¹ Traduction personnelle

organiser des exercices permettant d'atteindre les objectifs pédagogiques fixés au préalable, afin que chacun acquière les connaissances et compétences attendues. Le défi réside alors dans le fait de parvenir à s'appuyer sur les expériences personnelles des élèves, tout en leur permettant d'acquérir des concepts scientifiques nouveaux.

Cette réforme américaine a eu des répercussions notamment en France, où les professionnels ont mis « l'accent sur une investigation raisonnée, parlée, écrite, du réel » (op. cit., p.17). Selon Sophie Ernest, il s'agit de transmettre des connaissances scientifiques, par le biais d'activités où l'élève peut observer, manipuler, expérimenter, émettre des hypothèses... Le maître endosse, lui, un rôle de guide dans cet apprentissage et aide l'élève, notamment lorsque les nouveaux apprentissages doivent être verbalisés. « C'est à la démarche expérimentale que revient ainsi la tâche de jeter des ponts entre le monde dans lequel vit l'enfant et la connaissance scientifique » (op. cit., p.17).

2.2. Situation de la recherche

Comme nous pouvons le constater, ces préoccupations concernaient les méthodes didactiques permettant l'acquisition de concepts scientifiques.

Dans le cadre de notre recherche, nous nous interrogeons également sur l'apprentissage de concepts, à savoir la manière qu'ont les individus de comprendre et d'explicitier les phénomènes. Bien que la mémorisation occupe une place non négligeable dans le cadre des cours de sciences, elle ne fait pas l'objet de notre travail. La perspective dans laquelle nous nous trouvons laisse une place primordiale à l'apprenant, qui se doit d'être actif en réorganisant les anciens et nouveaux savoirs. Cet élément semble être l'un des apports de la réforme des années 80, expliquée précédemment. L'un des principes à respecter stipule que le sujet doit être sollicité dans les différentes activités, afin de pouvoir interioriser les nouveaux éléments (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 2008). Le courant pédagogique duquel nous nous rapprochons s'intitule « constructivisme » et correspond à un mouvement en éducation qui « met en avant le rôle premier de l'apprenant lui-même au cours de l'apprentissage et de la conceptualisation » (Astolfi & Develay, 1989, p.99). La tâche de l'enseignant n'est pas pour autant passive, et ses rôles restent importants durant le processus d'apprentissage : guide, médiateur, organisateur, observateur... Il doit également veiller à ne pas surmonter les éventuelles difficultés *à la place de* l'élève, mais l'amener à trouver par lui-même une solution pour les résoudre seul.

Nous nous intéressons à l'enfant, car selon l'orientation cognitivo-constructiviste de Piaget, l'enfant représente un moyen permettant d'accéder au domaine cognitif des adultes, à savoir leur manière de raisonner et de comprendre les événements. Grâce à l'étude des enfants, nous avons accès à l'origine des savoirs et à la manière dont ils se sont construits durant cette période de la vie.

Nous pouvons également faire le lien avec la psychologie de l'enfant, dans laquelle les préoccupations sont centrées sur l'enfant lui-même. Selon cette psychologie, l'enfance correspond à la période de la vie qui permet de comprendre un grand nombre d'éléments chez les adultes. La psychologie de l'enfant explique le fonctionnement des individus, de leurs stratégies mentales, et ce uniquement depuis la naissance jusqu'à l'adolescence (Tourrette & Guidetti, 2008).

2.3. Conception : définition et explications

Au cours de sa vie, l'enfant réalise des expériences personnelles qui lui permettent de se faire des idées sur différents sujets et d'acquérir ainsi certaines *conceptions*. Ce terme (appelé aussi *représentation*) se trouve au centre de notre recherche et il est nécessaire de le définir. Lors de l'apprentissage d'un nouveau sujet, l'élève dispose déjà de concepts préalables. « Les apprentissages ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance, mais sont en concurrence avec ce que les élèves savent ou croient déjà savoir » (Astolfi, Peterfalvi & Vérin, 1998, p.45). Les chercheurs parlent alors d'un *déjà-là*, organisé en un système explicatif, personnel et fonctionnel, qui risque d'influencer considérablement l'apprentissage. Selon Jean Migne, l'un des premiers à parler de représentation en didactique, « une représentation peut être considérée comme un modèle personnel d'organisation des connaissances par rapport à un problème particulier » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 2008, p.147). Dans la littérature se trouvent de nombreux synonymes pour parler de ce que nous appellerons *conception* ou *représentation* durant notre travail : pré-requis, discours premiers, modèles spontanés...

La caractéristique principale d'une conception réside dans le fait qu'elle existe avant l'apprentissage et qu'elle a tendance à l'accompagner, parfois même à perdurer après la scolarité. Les conceptions résistent donc aux efforts d'enseignement, raison pour laquelle un enseignant devrait en tenir compte avant d'entamer sa leçon. « L'élève n'arrive pas en classe la *tête vide* » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 2008, p.123). Les conceptions font donc partie intégrante d'un apprentissage, c'est pourquoi l'enseignant ne peut pas se contenter simplement d'apporter de nouvelles informations, mais doit s'intéresser de près à ces représentations. Elles doivent être transformées, afin d'éviter qu'elles ne perdurent au-delà de l'apprentissage. Les questions qui se posent concernent donc la manière de faire émerger des conceptions, puis la façon de les prendre en considération afin que l'apprentissage ainsi effectué soit efficace et solide. Il est cependant autant difficile de faire émerger des conceptions que de les prendre en compte ; car le simple fait d'en discuter, par exemple lors d'un travail en groupes, ne suffit pas à les transformer.

L'enseignant ne peut arriver en classe et enseigner la matière sans se préoccuper de ce que les élèves savent déjà ou, du moins, ce qu'ils pensent savoir sur le sujet. Il pourrait alors mettre en place des *évaluations diagnostiques*, sous la forme d'examens à blanc, permettant de faire un *état des lieux* des connaissances des élèves. L'enseignant peut alors établir un *diagnostic* des conceptions qu'il devra, par la suite, faire évoluer. « L'analyse des représentations a ainsi pour but d'anticiper les obstacles que les élèves risquent de rencontrer sur le chemin des acquisitions scientifiques » (op. cit., p.95).

Comme l'expliquent Giordan et De Vecchi, lorsqu'un élève formule une conception au sujet d'un thème, elle n'est que l'« émergence d'une représentation plus globale. La conception proprement dite correspond à un modèle sous-jacent... » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.56). Pour la personne dont il est question, la représentation répond à une certaine logique, raison pour laquelle ces deux auteurs parlent d'une *structure organisée simple et cohérente*. La personne se construit en fait un *modèle explicatif* en fonction de ses expériences personnelles et de ses propres connaissances sur la réalité. « Une conception est donc un modèle explicatif organisé, simple, logique, utilisé le plus souvent par analogie. Les enfants en possèdent un certain nombre, et c'est avec eux qu'ils tentent d'interpréter le monde qui les entoure » (op. cit. p.58).

2.4. Le statut de l'erreur

Cependant, si l'enseignant souhaite avoir accès aux représentations de ses élèves, le climat de classe instauré s'avère déterminant. Pour que les enfants osent exprimer leurs idées, ils ne doivent en aucun cas craindre le jugement des autres (enseignants ou camarades de classe). Pour cette raison, dans une optique constructiviste, et dans le cadre de notre recherche, l'erreur est considérée de manière positive. Elle ne témoigne en effet pas d'un *manque* chez l'élève, mais « est reconnue comme devant être mise au cœur du processus d'apprentissage » (Astolfi, 2004, p.127), car elle est la preuve qu'un apprentissage est en cours de réalisation. L'enseignant ne cherche alors plus à *sanctionner* l'erreur, mais s'y intéresse de très près dans le but de trouver une orientation didactique du travail qui soit adaptée permettant ainsi à l'élève d'en prendre conscience. En didactique des sciences, on ne cherche plus à écarter l'erreur considérée comme gênante, mais à la prendre en compte afin de la travailler « pour favoriser l'évolution de la pensée des élèves » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussaint, 2008, p.90). Astolfi insiste sur le fait que l'élève utilise un système d'explication qui, pour lui, est fonctionnel et efficace. Il distingue deux systèmes explicatifs dont disposerait l'élève : le premier serait de nature scolaire, lorsque l'enfant mobilise des savoirs que l'école lui a transmis. Le deuxième serait, lui, d'origine plus personnelle et correspondrait aux explications construites par l'individu lui-même depuis l'enfance, dans des situations où les savoirs scolaires lui auraient semblé inadaptés. Bien que les réponses des élèves soient parfois erronées, nous pouvons constater combien leur logique est construite et donc pour eux, cohérente, raison pour laquelle les conceptions ont tendance à perdurer après l'enseignement reçu.

Les points de vue de Bachelard et Piaget, au sujet du statut de l'erreur, peuvent maintenant être comparés. Dans le deuxième chapitre de l'ouvrage d'Astolfi intitulé « *L'erreur, un outil pour enseigner* », l'auteur dresse un parallèle entre les théories de ces deux hommes, dont les idées à propos de la question du statut de l'erreur s'avèrent très intéressantes pour notre travail.

2.4.1. Bachelard

Le statut de l'erreur que l'on retrouve dans la théorie de Bachelard est en lien avec le cadre de notre recherche concernant la perception des conceptions chez les élèves. En effet, il y a de cela une cinquantaine d'années, Bachelard déclarait : « On connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même fait obstacle » (Astolfi, 1997, p.37).

Au centre de sa réflexion se trouve la notion d'*obstacle épistémologique*. Michel Fabre, auteur de l'œuvre de 1995 intitulée « Bachelard éducateur », cité dans l'ouvrage d'Astolfi « *L'erreur, un outil pour enseigner* », a expliqué six caractéristiques de ces fameux obstacles épistémologiques permettant de mieux saisir cette notion.

I. L'intériorité de l'obstacle

Les obstacles sont en premier lieu *internes* et exercent une certaine résistance dans les pensées de l'individu. Une connaissance se construit grâce à de nombreuses erreurs faisant prendre conscience à la personne des défaillances de son système personnel.

II. La facilité de l'obstacle

De premier abord, l'obstacle semble être une facilité que la pensée s'autorise afin d'obtenir un certain *confort intellectuel*. Ainsi, chacun dispose de ses idées sur un sujet, qu'il s'est lui-même construites pour expliquer un phénomène. Pour acquérir une nouvelle connaissance, une *rupture épistémologique* est nécessaire, ceci dans le but de rompre avec ces idées pré-conçues qui constituent réellement un obstacle.

III. La positivité de l'obstacle

Chacun dispose donc d'une réponse dite *immédiate*, que l'on nomme *sens commun*. Cet obstacle empêche alors la construction d'une nouvelle connaissance, mais ne représente pas un vide pour autant : il témoigne au contraire d'un *déjà-là*. Or, ces affirmations premières sont très *solides* et tendent à résister aux nouvelles expériences, ce qui freine l'apprentissage.

IV. L'ambiguïté de l'obstacle

L'obstacle possède deux dimensions assez contradictoires qui le rendent alors ambigu : il est à la fois un outil *nécessaire* pour interpréter et comprendre son environnement, et représente également une *source potentielle d'erreurs*.

V. La polymorphie de l'obstacle

Certains obstacles sont organisés en réseaux, selon des *systèmes d'explications* propres à chacun. A l'inverse, certains sont indépendants les uns des autres. De plus, les dimensions d'un obstacle peuvent être nombreuses : en lien avec le rationnel, l'émotif, l'affectif... Pour remettre en question un savoir, les idées préalables doivent impérativement être interrogées et certaines identifications retravaillées.

VI. La récursivité de l'obstacle

Un individu peut se rendre compte d'une erreur uniquement après être parvenu à surmonter l'obstacle de manière intégrale.

Grâce à la description de ces six caractéristiques, nous comprenons pourquoi les conceptions sont autant résistantes, et donc difficiles à transformer. Un obstacle témoigne de la construction d'une pensée, caractérisée par des régressions et autres lenteurs. L'erreur est ici, dans la théorie de Bachelard, « *la trace d'une activité intellectuelle authentique* » et le témoin que l'élève est en cours d'apprentissage, ce qui nécessite la remise en question de ses conceptions initiales ainsi que de ses compétences personnelles.

Afin de lever le voile sur les obstacles possibles à la connaissance, Bachelard émet la proposition de *psychanalyser* la connaissance. Selon lui, « ces obstacles constituent ce qui s'oppose au progrès de la rationalité d'une façon obscure, indirecte, parce que surgissant du tréfonds de l'inconscient collectif » (Astolfi & Develay, 1989, p.23).

Citons deux de ses formules qui semblent refléter son opinion quant au statut de l'erreur dans les domaines scientifiques :

- « Pas de vérité sans erreur rectifiée. »
- « L'essence même de la réflexion c'est de comprendre qu'on n'avait pas compris. » (Astolfi, 1997, p.37)

2.4.2. Piaget

Au centre de la théorie de cet auteur réside la notion de *schème*. Selon Piaget, chaque individu dispose de schèmes lui permettant de comprendre et d'interpréter la réalité. Ils sont, en quelque sorte, des *instruments de connaissance* qui émergent par étapes, raison pour laquelle l'auteur les catégorise : schèmes sensori-moteurs, opératoires, d'action...

Pour Piaget, les déséquilibres que vit un individu représentent des signes de l'évolution des schèmes. En d'autres termes, ces derniers évoluent lors d'une confrontation de l'enfant avec son environnement. Des *dépassements* doivent suivre afin de permettre aux *rééquilibrations* d'avoir lieu. Le sujet doit surmonter ses propres déséquilibres afin de permettre aux connaissances d'évoluer. « La source réelle du progrès est à rechercher dans la rééquilibration, non pas naturellement d'un retour à la forme antérieure d'équilibre, dont l'insuffisance est responsable du conflit auquel cette équilibration provisoire a abouti, mais d'une amélioration de cette forme précédente. Néanmoins, conclut Piaget, sans le déséquilibre, il n'y aurait pas eu de rééquilibration majorante » (op. cit., p.48).

Parfois, l'enfant peut connaître une *perturbation* au niveau cognitif, lorsqu'une expérience nouvelle vient entrer en confrontation avec le système mental déjà en place chez l'individu. Dans le cas où l'enfant intègre cet élément dit *perturbateur*, l'auteur parle d'un *déplacement d'équilibre*. Grâce à ces déplacements d'équilibre, l'enfant se construit petit à petit son propre ensemble de *schèmes de pensée*.

Selon la théorie de Piaget, l'erreur est ici perçue comme une mauvaise organisation des schèmes. L'enfant met en place des stratégies cognitives qu'il se devra de faire évoluer, notamment grâce à ses expériences personnelles vécues dans le cadre de son environnement. Ainsi, ces *erreurs d'organisation de schèmes* se transforment et suivent une certaine évolution. Pour cette raison, l'enfant passe par des étapes durant son développement (les stades de développement).

2.5. Le réel et sa perception

Le réel occupe une place essentielle dans la didactique des sciences actuelles. Effectivement, depuis la réforme de 1980, les spécialistes insistent sur le fait d'utiliser des situations réelles, qui doivent être puisées dans le réel des enfants, pour être véritablement en lien avec leurs expériences personnelles. Ceci est un moyen de mettre du sens dans les apprentissages, ce qui permettra l'intégration de nouveaux concepts.

Lorsque nous énonçons un concept scientifique, nous faisons systématiquement référence au réel. Pouvons-nous cependant certifier que nous le connaissons ? La fonction d'un énoncé scientifique est de servir d'*outil intellectuel* permettant de comprendre des situations nouvelles. Un concept scientifique n'est donc valide que dans un *domaine empirique* précis. Lorsque l'on s'écarte de celui-ci, il est indispensable de reformuler le concept, car son sens peut considérablement changer.

« Dans l'activité scientifique, les énoncés – avec leur signifié et leur signifiant – sont en relation avec un *réfèrent empirique*, c'est-à-dire avec le domaine du « réel », des « faits », avec lequel ils sont en correspondance » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussaint, 1997, p.29).

Gérard Vergnaud explique trois notions permettant de définir ce qu'est un concept :

- « l'ensemble des situations qui donnent sens au concept (la *référence*) ;
- l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le *signifié*) ;
- l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le *signifiant*) » (op. cit., p.29).

Comme l'explique Astolfi, un concept est construit à partir d'observations, d'expériences et d'exemples. Ce sont des manières de résoudre les situations problématiques. A partir de cette affirmation, le doute s'installe quant à notre compréhension du réel. En effet, le réel semble être l'idée que l'on se fait de la réalité, dépendant des perceptions et des expériences personnelles de chaque individu. Les scientifiques nous disent-ils donc leur *manière de penser* la réalité plutôt que le véritable réel ?

Dans le cadre de l'enseignement, un concept doit répondre suffisamment au problème posé pour que les élèves puissent y donner du sens. Plus tard, il devra être modifié, reformulé peut-être avec plus de détails et de précisions. Il est donc possible d'énoncer un même concept de plusieurs manières, raison pour laquelle les professionnels parlent de *niveaux de formulation* d'un concept, notion qui sera développée dans le cadre conceptuel de notre travail.

2.6. Qui est concerné par les conceptions ?

Comme nous l'avons expliqué précédemment, les enfants disposent de conceptions sur les différents sujets d'enseignement. Ils ne sont pourtant pas les seuls chez qui il existe des représentations : les collégiens et les adultes sont aussi concernés par ce phénomène. « Les connaissances fausses ne persistent pas seulement, elles se renforcent car ce qui est retenu de nouveau c'est uniquement ce qui peut s'intégrer à ce qui préexiste ; ainsi les quelques éléments factuels nouvellement mémorisés viennent consolider les conceptions fausses initiales » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.29). Pour cette raison, certaines conceptions observées chez de jeunes enfants ont été retrouvées chez des étudiants. La seule différence est l'utilisation de termes précis pour la seconde catégorie de personnes, sans qu'ils puissent néanmoins les définir correctement. De ce fait, le vocabulaire utilisé n'apporte aucune aide pour la compréhension du phénomène, mais témoigne uniquement d'un apprentissage mémoriel.

Les enseignants disposent donc eux-aussi de conceptions par rapport à certains thèmes ; De Vecchi et Giordan ont constaté, lors d'une étude menée auprès de plusieurs enseignants, que plusieurs conceptions enfantines avaient persisté. Le risque est d'avoir recours à ces modèles *simplistes* pour expliquer la réalité. Les deux auteurs expliquent ce constat de manière évidente : ces enseignants ont eux aussi été élèves et ont reçu des formations où les conceptions n'étaient pas prises en considération. Pour cette raison, leurs représentations enfantines ont persisté durant de longues années et malgré les efforts de leurs propres enseignants, leurs fausses idées préconçues n'ont pas évolué. Pour les enseignants, il est indispensable d'en avoir conscience afin d'éviter de les transmettre aux élèves.

2.7. D'où viennent les conceptions ?

Nous savons désormais que tout individu dispose de représentations dans n'importe quel domaine. Comme expliqué plus haut, les conceptions sont des modèles que l'individu s'est lui-même construits pour interpréter et comprendre son environnement, selon ses propres expériences. Les origines de ces représentations sont diverses et expliquées par Giordan et De Vecchi (1994).

I. Selon le niveau de connaissances et l'histoire de l'apprenant

Pour qu'un élève puisse comprendre véritablement un phénomène, il est nécessaire qu'il connaisse quelques aspects qui permettent de le définir. De plus, l'évolution du système cognitif de chacun dépend du *degré de maturation* de la personne sur un plan *psychogénétique*. Cela rappelle les stades de développement de Piaget.

II. En lien avec le contexte socioculturel

Les conceptions sont souvent le reflet de la manière dont l'entourage parle du phénomène en question. Les termes, tout comme les images, influencent considérablement les représentations des enfants. « Nous voyons donc que le langage est porteur de représentations sous-jacentes qui peuvent être très fortes et que les conceptions sont très variées suivant le milieu et la situation vécue » (op. cit., p.60).

III. Une conception est personnelle et peut évoluer

Chacun dispose de ses propres modèles explicatifs, bien que certaines conceptions se retrouvent chez plusieurs individus. Elles correspondent à une *construction progressive du savoir*, dépendant des expériences et du vécu de la personne.

La problématique de notre travail nous a permis de définir plus clairement le terme de *conception*, ainsi que de délimiter le cadre de notre recherche. Quelques concepts sont en lien avec le travail, raison pour laquelle ils seront maintenant expliqués dans le point suivant consacré au cadre conceptuel.

3. CADRE CONCEPTUEL

3.1. La diversité des conceptions et leur évolution durant la scolarité

3.1.1. Concept scientifique

a) Définition

Les caractéristiques d'un concept scientifique sont résumées comme ci-dessous dans le *Tableau I.-Epistémologie et questions didactiques* de l'ouvrage sur la didactique des sciences (Astolfi & Develay, 1989 p. 27) :

- Les concepts scientifiques sont d'abord des réponses à des problèmes.
- Un concept scientifique a un pouvoir explicatif et prédictif parce qu'il est avant tout une relation détachée de situations concrètes qui lui ont donné sens.

- Un concept scientifique n'est explicatif qu'à l'intérieur d'un domaine de validité qui doit être borné.
- Un concept scientifique peut être formulé de manière hiérarchisable par rapport à différents niveaux d'abstraction.
- Les concepts scientifiques ne sont pas ordonnés en série linéaire mais chaque concept scientifique se trouve au sein d'un nœud dans un réseau conceptuel.

Comme nous pouvons le constater, un concept scientifique n'est valable que dans un champ bien délimité. En-dehors de celui-ci, sa signification peut varier considérablement. En plus de cela, les concepts scientifiques se trouvent au cœur de réseaux conceptuels, où se mêlent plusieurs disciplines, et dépendent donc les uns des autres. Dans la littérature, nous trouvons également une notion importante en lien avec le concept scientifique : il s'agit de son *niveau* ou *registre de formulation*, concept qui sera expliqué au point suivant.

b) Niveaux de formulation d'un concept

Comme l'expliquent Astolfi et Develay (1989), pour définir un terme scientifique, il est possible d'utiliser plusieurs énoncés différents. Ceux-ci varient en fonction de l'âge de l'individu, de son avancée dans la scolarité, ainsi que des problèmes étudiés. Pour cette raison, les spécialistes parlent de plusieurs *niveaux de formulation* d'un concept. Ainsi, un même concept sera défini différemment par un spécialiste que par un élève de l'école primaire. Nous parlons alors de *vulgarisation* lorsque le niveau de formulation choisi est adapté au public pour lequel il va être utilisé.

Giordan et De Vecchi définissent les niveaux de formulation de la manière suivante :

- « une somme de connaissances nécessaires pour construire un énoncé,
- un certain niveau de développement intellectuel,
- une pratique sociale (vécu constituant le support à la formulation du concept) »
(De Vecchi & Giordan, 1994, p.191).

Les auteurs simplifient ces trois caractéristiques : « Plus simplement, un niveau de formulation est un énoncé correspondant à un seuil que l'on atteint ; c'est un certain niveau d'abstraction qui se manifeste par un énoncé global que l'on demande à l'apprenant de produire (et non de réciter !) » (op. cit., p.191). La conséquence de ce qui précède est essentielle : un concept scientifique opérationnel ne l'est pas uniquement dans une situation où son niveau de formulation est en lien avec le problème. Par exemple, le concept d'énergie sera abordé de différentes manières s'il en est question en physique, en nutrition, ou dans le sport, etc.

L'enseignant ne doit pas modifier la phrase prononcée par l'apprenant, mais il se doit d'atteindre la *structure sous-jacente* pour que la formulation évolue et devienne plus précise. En terme d'objectifs, l'enseignant peut définir les niveaux de formulation qui sont alors considérés comme les buts à atteindre. En effet, nous pouvons trouver de multiples définitions d'un même concept qu'il est possible de classer, d'ordonner selon une certaine hiérarchie, allant d'une définition simple à une autre plus complexe.

Ces niveaux de reformulation reflètent une caractéristique essentielle du processus d'apprentissage : ce dernier s'effectue en suivant des étapes que les auteurs ont appelé

paliers d'intégration. Plus l'apprenant avance dans sa scolarité et, d'une manière plus générale, dans sa vie, plus les définitions de concepts deviennent précises.

« Un niveau de formulation, c'est une étape dans la construction d'un concept. Il se présente sous la forme d'une idée plus ou moins abstraite et de quelques mots-clefs à faire construire » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.195).

c) Elaboration et développement d'un concept scientifique

Lorsque nous parlons d'*élaboration*, il s'agit d'un processus ayant comme résultat final un *produit* qui est, dans le cas de l'élaboration d'un savoir, son acquisition. Veillons donc à ne pas confondre *processus* et *produit*, le second étant la conséquence du premier.

L'apprentissage d'un nouveau concept se fait, selon Bruner (cité dans l'ouvrage de Barth, 1987), grâce à la capacité de l'être humain à discerner les différents *attributs* de chaque concept. Ceux-ci correspondent, par exemple, aux qualités des objets permettant ainsi de les différencier entre eux (une chaise peut être solide, stable, bancale... ou haute, basse...). Lorsque nous cherchons à identifier précisément un objet, il est nécessaire de se référer aux *attributs essentiels*, caractéristiques de l'objet permettant de le classer dans une catégorie dite *fondamentale*.

Apprendre à reconnaître et à distinguer les attributs d'un concept contribue à l'apprentissage. Il s'avère également nécessaire d'intégrer les diverses relations et rapports entre les dits attributs. A partir de là, il s'agit de nommer ce nouveau concept. « Pour pouvoir désigner cette combinaison d'attributs on la nomme par un *mot* qui est un symbole arbitraire, une *étiquette* » (Barth, 1987, p.21). Il est ainsi possible de catégoriser les divers exemples dont la *combinaison d'attributs* est identique, lorsqu'ils sont communs aux différents concepts.

Il est possible qu'un *exemple* devienne un concept, comme « légume » peut être un exemple du concept « nom commun » ou l'*étiquette* du concept « légume », dans lequel nous trouverions des exemples tels que « carotte, courgette, haricot... ». L'*étiquette* joue un rôle primordial, car elle permet de savoir comment les concepts sont reliés entre eux, quelles sont leurs caractéristiques communes, pourquoi un objet est nommé de telle ou telle autre manière. En résumé, un concept est donc désigné par une étiquette, défini par différents attributs et peut être exemplifié.

Britt-Mari Barth (1987), parle de plusieurs aspects du concept, dont le niveau de complexité, le niveau d'abstraction et le niveau de validité.

I. le niveau de complexité

Celui-ci dépend du nombre d'attributs qui caractérisent le concept. Plus le nombre d'attributs est élevé, plus le concept est jugé comme étant complexe. Ainsi, les interrelations à saisir entre les divers attributs sont nombreuses.

II. le niveau d'abstraction

Ce « niveau de base » est celui qui permet d'obtenir un maximum d'informations en ne fournissant qu'un minimum d'efforts intellectuels. Ce niveau varie donc selon les individus et peut évoluer avec le temps en fonction des expériences individuelles et du développement de sa pensée.

III. le niveau de validité

Bien que certaines définitions puissent évoluer avec le temps, certaines sont dites *scientifiques*, car elles sont *officiellement reconnues*. C'est le cas de la définition de *carré*, *attribut du sujet*... Au contraire, la définition d'autres concepts varie selon les individus et restent donc plus « flous ». Par exemple, la gentillesse peut être définie différemment selon les personnes interrogées. Les concepts entrant dans cette catégorie sont définis comme *empiriques* ou *subjectifs*.

Le terme de *concept* étant désormais défini et expliqué, se pose alors la question de la *conceptualisation*. Selon Bruner, des stratégies mentales individuelles sont nécessaires pour conceptualiser. Une personne peut former un nouveau concept lorsqu'elle est capable de décider elle-même des critères qui caractérisent un ensemble, à savoir les similarités existant entre les différents termes. Certes, avec le temps, le concept va se préciser et devenir plus objectif, mais du moment qu'un individu est capable de relever des similarités pour former une catégorie, alors il fait un acte de *conceptualisation*. Ce procédé est souvent décrit comme étant naturel pour l'être humain, qui est capable, dès son plus jeune âge, de *catégoriser*, par exemple, les individus comme faisant partie de sa famille ou non. Bruner parle de *structure cognitive* pour expliquer le *cadre de référence* de chaque individu. Ceci correspond à l'organisation de ses connaissances acquises avec son expérience personnelle. C'est ensuite par rapport à cette structure que la personne peut former un concept de manière spontanée.

La première composante de l'activité conceptuelle étant décrite, à savoir la formation des concepts, intéressons-nous maintenant à la deuxième activité : l'acquisition de concepts. Il ne s'agit plus de fixer des critères subjectifs pour former une catégorie, mais bien « d'*identifier* la combinaison d'attributs selon laquelle un concept est déjà défini, que ce soit par le dictionnaire, l'enseignant ou l'interlocuteur qu'on a devant soi » (op. cit., p.31). Afin de vérifier la règle de classification déjà établie, l'interaction verbale est indispensable, raison pour laquelle cette seconde activité conceptuelle n'est pas possible dès la naissance, mais uniquement à partir du moment où l'enfant apprend à parler.

3.1.2. Développement cognitif et affectif de l'enfant : le développement de sa pensée

Hannoun (1973) met l'accent sur un élément important que chaque enseignant devrait garder à l'esprit : la manière dont l'enfant perçoit son environnement ainsi que le monde en général est loin d'être claire. Parfois, le jeune peine à se distinguer du monde qui l'entoure et ses idées personnelles influent considérablement sa manière d'interpréter la réalité.

Les psychologues parlent d'*égocentrisme infantin*. Le rôle de l'enseignant consistera alors à aider l'enfant à se décentrer afin de cerner le monde de manière plus objective et donc plus réaliste. « L'enfant vit son milieu, *biologiquement*, *affectivement*, mais ne le connaît pas (...). Ce n'est que lorsque l'enfant aura pris cette distance par rapport au monde qu'une authentique connaissance de ce monde – authentique parce que non seulement affective mais encore intellectuelle et, plus tard, rationnelle – sera possible » (Hannoun, 1973, p.13). Hannoun attire l'attention de ses lecteurs sur trois conséquences de l'égocentrisme.

a) L'artificialisme infantin

L'enfant considère que les faits qui l'entourent sont provoqués, comme lui-même provoque ses propres actions. Comme il constate que ses actions sont le fruit de son propre

désir, de sa volonté personnelle, l'enfant considère les phénomènes externes comme le résultat de causes dites *artificielles*. Ainsi, nous trouvons à l'origine de toutes les choses une cause volontaire. Jusqu'à l'âge d'environ sept ans, les spécialistes parlent d'*artificialisme mythique*. En effet, les enfants supposent l'existence d'êtres mystérieux pour expliquer les phénomènes qu'ils observent. Par la suite, bien que l'enfant comprenne l'inexistence de ces forces mythiques, l'existence de causes naturelles reste pour lui quelque chose d'inconcevable. Il s'agit d'*artificialisme technique* car, selon lui, tout est fait par l'homme. Hannoun (1973) fait une comparaison avec l'évolution motrice de l'enfant. Cet artificialisme correspond à la même époque que celle où l'enfant est capable de construire des objets. A ce stade de l'évolution de sa pensée, cette dernière peut être caractérisée comme *anthropocentriste* : au centre de ses réflexions ne se trouve plus sa propre personnalité, mais celle des hommes.

b) Le finalisme enfantin

L'enfant considère que les phénomènes qui l'entourent sont provoqués dans un but déterminé à l'avance. Comme l'enfant est conscient que ses actions résultent de ses désirs, il prétend que tout phénomène extérieur est, en quelque sorte, la recherche d'un but. Derrière chaque événement se cache l'intention de quelqu'un qui agit selon un but déterminé préalablement. « Tout s'explique à *partir de leur fonction* et non l'inverse » (op. cit., p.15).

c) L'animisme enfantin

L'enfant considère le monde comme lui-même, c'est-à-dire animé. L'enfant ne parvient pas à distinguer ce qui est vivant de ce qui ne l'est pas.

Comme expliqué ci-dessus, l'enfant n'est pas capable de percevoir le monde de manière objective, car il ne parvient pas à s'en distinguer. Pour lui, les distinctions suivantes ne sont pas possibles : cause *naturelle* et cause *artificielle* / faits comme *buts* et faits comme *conséquences* / êtres *vivants* et êtres *inanimés*.

Un autre mode de pensée, le *syncrétisme*, signifie que l'enfant n'est pas capable de distinguer les éléments les uns des autres ; il ne parvient pas à les percevoir de manière isolée. Pour l'enfant, tout est confus, raison pour laquelle l'enseignant doit l'aider à distinguer et analyser les différents composants. Le syncrétisme enfantin empêche l'enfant de distinguer l'apparence de la réalité.

Les psychologues parlent de *réalisme enfantin*, car l'enfant considère des choses comme réelles alors qu'elles ne le sont pas. Deux sortes de réalisme peuvent être différenciées : le réalisme *intellectuel* et le réalisme *perceptif*. Le premier est principalement observé grâce au dessin, car l'enfant va représenter ce qu'il *sait* et non ce qu'il *voit*. Le deuxième réalisme implique que l'enfant accordera de la réalité à ce qu'il sait, c'est-à-dire à l'apparence des choses. Pour lui, seuls *l'apparence*, *l'accidentel* et *l'éphémère* existent.

En conclusion de ce point, l'auteur déclare : « Cet engluement – ainsi que nous l'avons appelé – condamne l'enfant à se distinguer mal lui-même de ce milieu et donc à lui prêter *naïvement* ce qu'il constate confusément en lui (artificialisme, animisme, finalisme), et par ailleurs, condamne cet enfant à distinguer mal les objets extérieurs entre eux (syncrétisme, réalisme intellectuel et réalisme perceptif) » (op. cit., p.19). Pendant les premières années de sa vie, plusieurs distinctions ne seront pas possibles pour lui : « ce qui est naturel et ne fait nullement intervenir l'action de l'homme de ce qui est artificiel comme émanant de

l'homme ou nécessitant son intervention / ce qui est une conséquence naturelle des choses, et qui ne fait intervenir que le simple déroulement de la causalité naturelle de ce qui est un but impliquant l'existence d'un être conscient visant ce but à travers son action / ce qui est inanimé et ne relève que de la matière brute de ce qui est vivant / ce qui est une réalité essentielle et durable de ce qui n'est qu'une apparence accidentelle et éphémère » (op. cit., p.19).

Nous pouvons constater combien l'enfant semble pourvu de toutes les qualités contraires, plutôt que nécessaires et exigées dans le cadre de l'esprit scientifique. L'objectif principal de l'enseignant consistera donc à lui faire acquérir des aptitudes lui permettant de penser correctement, puis, plus tard, de recevoir des concepts.

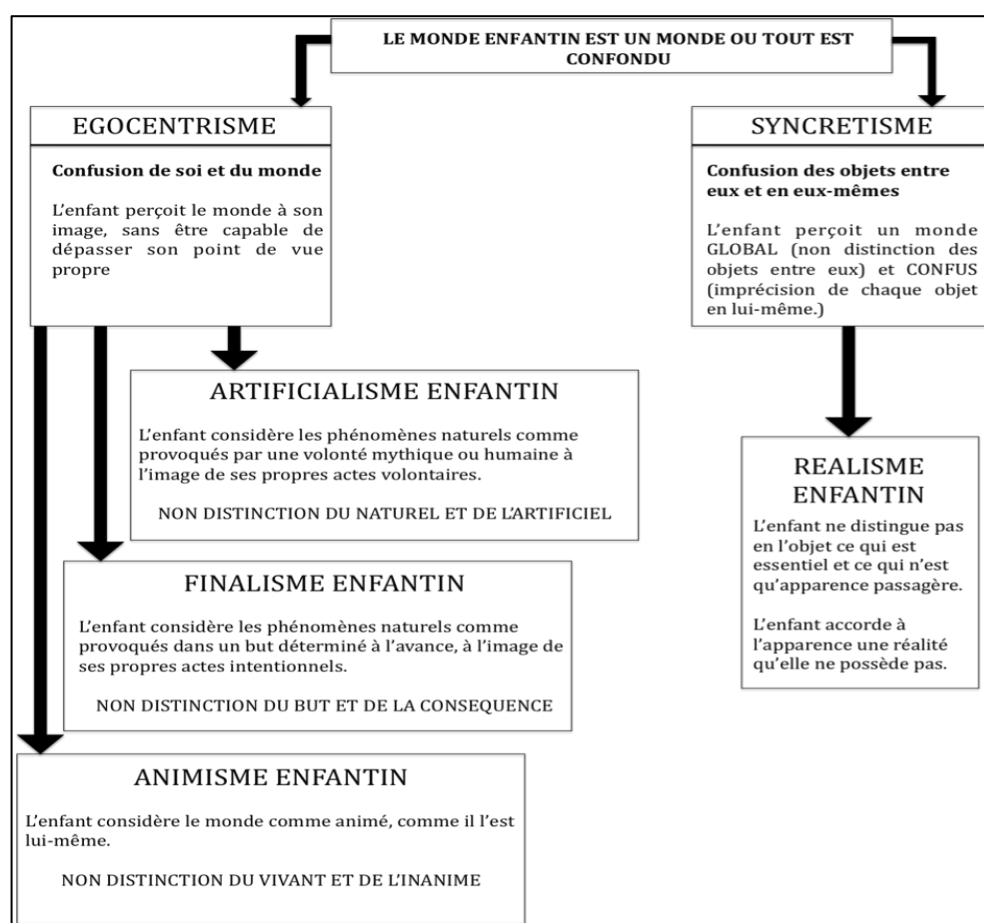


Figure 1 Schéma de la pensée enfantine selon Hannoun (1973)

3.1.3. Développement des petites et grandes idées

Tenir compte de l'apprenant en tant que tel permet d'éviter la construction de connaissances sans aucun lien entre elles. Un enseignement de type transmissif rencontre généralement ce genre de problème : les nouvelles connaissances sont *injectées* chez l'apprenant, sans qu'elles ne créent véritablement de sens chez l'élève (*petites idées*). En effet, lorsque les idées ne sont pas construites par l'apprenant lui-même, ce dernier aura alors tendance soit à oublier les nouvelles connaissances, soit à créer des stéréotypes.

Afin qu'un savoir soit efficace, il doit pouvoir être investi dans différents contextes, dans de nouvelles situations. Pour que l'apprenant intègre véritablement un nouveau savoir, il

doit être capable d'établir des relations entre les différents éléments. « Plusieurs notions rapprochées les unes des autres ouvriront peu à peu le chemin à l'élaboration d'un concept. Il s'agit donc d'une véritable **construction** » (*grande idée*) (De Vecchi et Giordan, 1994, p.168).

Nous constatons que cette méthode diffère de la méthode transmissive : « On ne prend pas note d'un fait, on le **déduit, on le relie à un modèle explicatif**. Il pourra **s'intégrer dans une structure préexistante** et compléter ou même modifier en partie le savoir déjà présent » (op. cit., p. 169). Ceci peut être mis en relation avec le concept de *modèle allostérique* qui sera expliqué à la fin du point *cadre conceptuel*.

« Un savoir scientifique, ce n'est pas l'accumulation d'une somme de connaissances, mais quelque chose de **construit par l'apprenant** lui-même, qui **met en relation** un certain nombre d'éléments très divers et qui élabore ainsi, par approximations successives, quelques grands concepts » (op. cit., p.189).

3.2. Ce que la littérature suggère de faire avec ces conceptions

3.2.1. L'ensemble des possibles de Giordan

Comme le suggèrent Giordan et De Vecchi, l'enseignant aurait grand intérêt à prévoir uniquement une *entrée* dans le thème, sans pour autant planifier la suite unique et exacte pour le cours. En effet, idéalement, il devrait prendre en considération les questionnements et les intérêts des élèves afin de susciter leur motivation. Les auteurs conseillent donc à l'enseignant de prévoir plusieurs pistes possibles suite à l'entrée dans le thème et de choisir celle la plus en lien avec les intérêts des enfants. Ces derniers se sentiront davantage concernés par le cours et seront donc plus enthousiastes.

3.2.2. Les points de vue d'Astolfi, Giordan et Bachelard

a) Astolfi

Selon cet auteur, les représentations sont des outils intellectuels dont l'élève se sert pour comprendre le monde, ce qu'il appelle également des *stratégies cognitives*. Pour qu'il puisse réussir un apprentissage, une transformation intellectuelle doit s'effectuer. Cependant, un tel changement n'est de loin pas évident : les différentes conceptions sont organisées en un système explicatif qui perdure depuis plusieurs années chez l'individu. Ce dernier s'en est servi pour résoudre des problèmes auxquels il a été confronté au fil de ses expériences personnelles. Pour cette raison, ce système dont dispose l'apprenant est solide, et donc très résistant aux efforts de l'enseignant. Le domaine de validité de ce système est très vaste et représente une grande aide pour l'élève.

b) Giordan

André Giordan considère une conception comme une véritable structure mentale dont l'individu se sert pour raisonner. Cet élément est au centre de la construction d'un nouveau savoir, et c'est grâce à lui que les changements nécessaires vont s'effectuer et ainsi permettre une transformation.

Giordan explique que les représentations perdurent, parce que les enseignants ont tendance à oublier le cadre de référence de l'élève, à savoir ses propres manières de penser. Pour cette raison, les conceptions initiales des élèves sont pratiquement inchangées après l'enseignement. De plus, une conception est logique aux yeux de l'individu, car ce système possède sa cohérence propre. Une représentation résiste, car elle est un modèle explicatif pour l'apprenant, modèle dont il s'est toujours servi jusqu'alors pour expliquer les phénomènes de son environnement et qui a donc fait ses preuves.

Pour cet auteur, élaborer une catégorisation des représentations permet d'anticiper les éventuels obstacles que les élèves pourraient rencontrer lors de l'enseignement-apprentissage d'un concept.

c) Bachelard

Bachelard est très critique par rapport aux cours magistraux, car il pense que trop souvent, l'enseignant ne prend pas en compte les connaissances empiriques de ses apprenants. Or, enseigner n'est pas créer un savoir dans des esprits ignorants et vides de toute idée. Pour lui, la difficulté réside dans le fait que l'élève sait déjà quelque chose, qu'il a déjà sa propre opinion sur le sujet. Avant de commencer quoi que ce soit, cette opinion fausse doit être détruite, ce qui constitue un obstacle déjà important pour l'enseignant. Cette expérience première dont dispose l'individu doit être détruite ; elle est erreur, et le rôle de l'esprit scientifique est de rectifier les savoirs pré-existants. Nous ne pouvons cependant pas nous débarrasser des opinions des élèves, mais la science se doit d'ajuster ces fausses idées. Une rupture intellectuelle est donc nécessaire, mais celle-ci est progressive et nous nous devons de rester patients face à l'évolution des pensées des apprenants. Bachelard parle de *refoulement* qui, selon lui, se trouve à la base de l'élaboration d'une pensée scientifique réfléchie.

Cet auteur explique qu'il est indispensable de changer de culture, pour qu'il y ait une véritable rupture épistémologique. Durant le début de sa vie, l'enfant a intégré des éléments qui peuvent représenter de réels obstacles que l'enseignant se doit de renverser. C'est donc tout un travail de désorganisation qui attend l'enseignant ; il faut parvenir à développer un esprit critique à l'égard de la pensée commune.

La notion importante que nous retrouvons dans les théories de Bachelard sont les *obstacles épistémologiques* : ceci correspond à une sorte de facilité que l'esprit adopte afin de fournir une explication toute faite. Cette réponse est ainsi plus agréable pour l'élève, qui fait alors disparaître toute question. Le rôle de l'enseignant sera de faire dépasser ces obstacles.

3.2.3. Mieux connaître les élèves grâce aux conceptions

Contrairement à ce que nous avons tendance à penser, les enfants ne sont pas des *adultes en miniature*. Leurs modèles explicatifs diffèrent de ceux des grandes personnes, tout comme leur manière de penser. Le parcours qu'un enfant doit suivre pour acquérir un nouveau savoir est parfois long et sinueux, ce qui peut rendre le processus d'apprentissage complexe. Grâce au travail sur les conceptions, l'enseignant peut se rendre compte du véritable *niveau conceptuel* de ses élèves. Ceci permet en effet de repérer les éventuels stéréotypes ou autres fausses idées, ainsi que de vérifier la compréhension des mots de vocabulaire utilisés par les apprenants. Parfois, les enfants ne comprennent pas les *concepts sous-jacents* à ces termes, mais il est possible également que la signification varie

entre leur emploi quotidien et celui du milieu scientifique. En se préoccupant des conceptions, l'enseignant peut voir la réelle compréhension du phénomène qu'ont les élèves, surtout lorsqu'ils sont incités à l'expliquer plus en profondeur.

3.2.4. *Prise en compte didactique des conceptions*

Après avoir défini le terme de *conception*, nous avons analysé certaines de ses caractéristiques et nous nous sommes penchés sur d'autres concepts en lien avec notre recherche. Intéressons-nous maintenant à la prise en considération didactique de ces conceptions.

Il est vrai que certaines affirmations d'enfants peuvent être désarmantes pour l'enseignant. Il ne faut cependant pas oublier que ces conceptions sont le reflet d'une logique propre à l'apprenant et que l'enseignant doit essayer de comprendre, grâce notamment à la mise en place d'un dialogue pédagogique avec l'élève. Giordan et De Vecchi (1994) précisent encore : « Certaines (représentations), dans la pratique, s'avèrent ne pas avoir un intérêt dans la construction des savoirs. Il est donc nécessaire de choisir celles qui sont significatives parce qu'en relation avec certains obstacles importants que l'on sait pouvoir dépasser » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.48).

Les deux auteurs soulignent également l'influence du climat de classe, instauré par l'enseignant. Favoriser la formulation d'hypothèses permet aux élèves d'oser donner un avis ou une opinion sans craindre le jugement des autres. Ceci est en lien avec le statut de l'erreur, thème sur lequel se sont penchés des auteurs comme Astolfi, Bachelard ou encore Piaget et que nous avons traité dans la problématique.

Notons également qu'il est possible de regrouper certaines conceptions d'élèves, permettant ainsi à l'enseignant de faire des catégories que Giordan et De Vecchi (1994) appellent *grandes catégories d'explications*. Les différentes représentations paraissent alors moins nombreuses et moins variées, ce qui permet de les prendre plus facilement en compte. Parfois, les conceptions sont identiques mais se manifestent de manières différentes. Interroger plus précisément les élèves permet d'identifier clairement les conceptions sous-jacentes.

L'objectif principal est de parvenir à s'appuyer sur les conceptions des élèves afin qu'ils puissent, par la suite, les dépasser. Il s'agira donc de faire émerger des conflits dits socio-cognitifs au sein de sa classe, grâce notamment à la mise en place de situations-problèmes. Ces dernières sont utiles « soit pour *trancher* entre des systèmes explicatifs contradictoires, coprésents dans la même classe, soit pour rechercher des limites de validité d'une représentation fonctionnelle dans un cadre limité » (Astolfi & Develay, 1989, p.81). L'utilité des conceptions peut se trouver à plusieurs niveaux.

- I. A l'aide de techniques telles que le dessin, questions ouvertes ou autres, il s'agit de faire émerger les conceptions dans le but de faire un *état des lieux* avant que la nouvelle notion soit abordée.
- II. Les informations récoltées permettent de connaître le *niveau conceptuel* des élèves, de le garder en mémoire pour ensuite faire de bonnes interventions. Ces indications permettent également de faire une *évaluation formative*, sous la forme d'un examen

à blanc, afin de se rendre compte des apprentissages effectués et de prévoir les éventuels réajustements.

- III. Cette évaluation formative est utile pour le maître, mais peut également être partagée avec les élèves. Par exemple, dans un cahier, les élèves répertorient leurs idées sur un sujet, et ont, par la suite, la possibilité d'y revenir pour compléter, modifier et se rendre ainsi compte de l'évolution de leurs idées.
- IV. Faire émerger des conceptions présente un autre avantage : cela permet de prévoir des activités adaptées et de les planifier adéquatement (mise en place de situations-problèmes, anticipation des éventuels difficultés ou obstacles, détermination des objectifs, différenciation au mieux des activités pour prendre en considération le rythme de travail de chacun...).
- V. Il est également possible de mettre les élèves face à leurs conceptions pour qu'ils en prennent véritablement conscience.
- VI. Finalement, les conceptions peuvent servir à déterminer ce qui fera l'objet de l'évaluation.

De ce point découle inévitablement une question : que se passe-t-il lorsque l'on ne prend pas en considération les conceptions des élèves ?

3.2.5. Oublier les conceptions des apprenants

Giordan et De Vecchi (1994) ont mené une étude avec des enfants âgés entre 10 et 13 ans ayant étudié la fécondation et sont arrivés à la conclusion suivante : les élèves ont *étudié* et peuvent *réciter* leur leçon. Cependant, le vocabulaire pourtant précis qu'ils utilisent est, pour eux, vide de sens et ils sont incapables de définir avec exactitude les différents termes. En plus de cela, les apprenants ne parviennent pas à dégager les idées principales, mais semblent avoir retenu des détails qui ne permettent pas d'expliquer clairement le fonctionnement de la fécondation. Finalement, les idées dont les enfants disposaient avant le cours ont résisté à l'enseignement et les deux auteurs affirment donc que la notion n'a pas été comprise.

Cette étude a été menée avec d'autres élèves sur des sujets différents. Les conclusions tirées sont pourtant identiques. Ne pas prendre en compte les conceptions des élèves semble donc représenter une perte de temps pour l'enseignant. En effet, tous ses efforts pour enseigner une nouvelle notion seront finalement vains, car les conceptions des apprenants refont surface à la moindre occasion. Leurs connaissances préalables n'ont pas été remises en question et sont alors, pour les élèves eux-mêmes, bien plus sûres et claires dans leur tête, raison pour laquelle ils auront tendance à les réutiliser.

Certaines personnes considèrent la prise en compte des conceptions des apprenants comme une *perte de temps*. De Vecchi et Giordan expliquent : « En utilisant les conceptions des apprenants, *on ne perd pas de temps, on consacre plus de temps* à la construction de connaissances, et cela est très différent » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.51). Faire émerger des conceptions ne prend en effet pas beaucoup de temps. Au contraire, parvenir à faire prendre réellement conscience aux élèves que leurs modèles présentent des défaillances nécessite du temps. Généralement, faire émerger des conceptions occasionnent chez les élèves de nombreuses questions, auxquelles ils veulent trouver une réponse pour mieux comprendre le phénomène qu'ils ne parviennent plus à expliquer avec leur propre modèle. Pour l'enseignant, il n'est donc pas possible d'éviter l'interrogation. La *perte* de temps

devient de toute manière insignifiante lorsque l'on se penche sur les différences entre un enseignement qui prend en compte les représentations et un enseignement qui ne le fait pas. De plus, Giordan et De Vecchi affirment qu'un enseignant qui ne prend pas en considération les conceptions de ses élèves les *exclut* du processus d'apprentissage, ce qui les empêche ensuite de construire réellement des savoirs, de tisser des liens entre les choses. Il en découle alors des *connaissances en îlots*, sans liens ni cohérence entre elles. La perte de temps se situe à un autre niveau : tout l'enseignement dispensé s'avèrera au final inutile et les nouveaux savoirs disparaîtront petit à petit.

3.2.6. Le modèle allostérique

Tous ces constats et ces informations au sujet des conceptions nous amènent à l'explication du modèle *allostérique*, modèle élaboré dans le but de prendre en considération les représentations des apprenants. L'objectif visé par ce modèle est de réfléchir à « la manière dont nous proposons le savoir à nos élèves et à nos étudiants, et plus généralement pour améliorer notre manière de communiquer, de proposer des idées et de faire passer des informations nouvelles auprès de nos collègues, amis, enfants » (Pellaud, Eastes & Giordan, 2005).

Quatre notions s'avèrent essentielles et caractérisent ce modèle dit *allostérique* :

- La présence de *structures préexistantes*, qu'il est important de déconstruire afin d'amener un nouveau savoir.
- Le rôle important que joue l'environnement, le *contexte* dans lequel s'élabore la nouvelle connaissance.
- Les nouveaux savoirs s'élaborent selon un aspect *dynamique*.
- L'existence de *niveaux* lors d'un apprentissage.

Le modèle allostérique, proposé par Giordan & al. depuis les années 1980 accorde une place essentielle à l'intégration des quatre éléments présentés ci-dessus. Dans cette perspective, l'enseignant endosse un rôle central, notamment par rapport à l'établissement d'un contexte adapté, ainsi que la nécessité de s'intéresser de près aux conceptions des élèves.

« Incorporation et mise en relation d'un certain nombre de connaissances qui, associées, aboutissent à un *remodelage*, une *reconstruction générale*. Le concept ainsi construit n'est pas la somme des différentes connaissances mais une *production nouvelle*, plus globale, plus cohérente. Cet apprentissage conduit à changer les modèles explicatifs des apprenants, c'est-à-dire leur façon de raisonner, leur manière de comprendre et, à la limite, leur *manière de voir le monde* » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.172).

4. Questions de recherche

Après avoir recueilli toutes ces informations au sujet des conceptions, nous nous sommes interrogés sur les possibilités de les catégoriser. Notre question de départ était alors formulée ainsi : « *Au fil de leur scolarité, quelles représentations les enfants ont-ils au sujet de la dissolution et en quoi la littérature permet-elle de les catégoriser afin de les prendre véritablement en considération?* »

Pour mener à bien notre recherche, nous avons formulé des sous-questions permettant d'orienter plus précisément notre analyse :

- Comment évolue le concept de *dissolution* chez des élèves âgés entre 5 et 14 ans ?
- Comment catégoriser les représentations des élèves ?

Nos hypothèses concernant ces différentes questions sont les suivantes :

- Au fil de la scolarité, les élèves expliquent le phénomène de la dissolution de manière de plus en plus précise en utilisant un vocabulaire adapté ; des représentations erronées n'apparaissent plus dès l'âge de 14 ans.
- Les élèves de 2^e année du cycle d'orientation ont intégré la notion de dissolution, étudiée l'année précédente. Quant aux élèves des autres degrés, ils font des raisonnements intuitifs pour expliquer le phénomène.
- Le modèle de pensée dit *animisme enfantin* caractérise les élèves d'enfantine mais n'apparaît plus chez ceux des degrés suivants.

Afin de répondre à ces interrogations dans le but de vérifier nos hypothèses, nous avons mis en place un dispositif méthodologique qui sera présenté au prochain point. Grâce à ce travail, nous espérons ainsi trouver des méthodes permettant de prendre en compte les conceptions des élèves dans notre future profession.

5. Dispositif méthodologique

5.1. L'échantillonnage

Pour mener à bien notre recherche, nous avons décidé d'intervenir dans quatre classes de 1^{ère} enfantine, 2^e primaire, 5^e primaire et 2^e du cycle d'orientation. L'objectif de notre recherche, rappelons-le, est de cerner l'évolution des représentations chez les élèves, pour arriver à déceler les noyaux de conceptions ayant tendance à se répéter pour un même groupe d'élèves. Ceci nous amènera donc à catégoriser les différentes représentations permettant ainsi d'obtenir une vue d'ensemble large sur la durée (de la 1^{ère} enfantine à la 2^e année du cycle d'orientation) et variée.

5.2. Le sujet retenu : la dissolution

Le choix du thème n'a pas été évident à faire, car il était important pour nous de trouver un sujet pertinent autant pour des enfantines que pour des élèves du cycle d'orientation. L'un des critères pour la décision quant au choix du sujet était de surprendre et d'étonner les élèves. Généralement, les enfants s'impliquent davantage lorsqu'ils se posent des questions, s'interrogent et se sentent concernés par l'expérience.

La dissolution est un thème que chacun peut observer, raison pour laquelle une expérience a été présentée aux élèves de chaque niveau. Pour les petits degrés, à savoir les classes de 1^{ère} enfantine et de 1^{ère} primaire, l'expérience leur a été montrée de manière individuelle, en dehors de la classe et les enfants ont été questionnés sous la forme d'entretiens dits *semi-*

directifs. Avec eux, la récolte de données s'est effectuée de manière orale, les enfants ayant en effet généralement assez de difficultés à s'exprimer par écrit ou sous la forme de dessins. Cette méthode nous a permis d'obtenir des réponses spontanées, intuitives et non-influencées par les autres élèves de la classe.

Au contraire, pour les deux classes des plus grands niveaux (5^e primaire et 2^e du cycle d'orientation), la récolte de données s'est effectuée de la manière suivante : écrire un texte, illustré par des schémas ou des dessins si cela s'avérait nécessaire.

La question posée aux élèves de 5^e primaire a été la suivante : « Comment expliques-tu la présence de sable au fond du verre et pas de sel ? Expliquer à l'aide d'un texte précis et illustrer avec des schémas. »

La consigne de l'exercice pour les 2^e du cycle d'orientation a été présentée sous la forme suivante : « Comment expliques-tu la présence de sable au fond du verre et pas de sel ? a) Ecrire un texte d'au minimum 10 lignes, clair et précis, pour expliquer le phénomène. b) Faire des schémas avec légendes illustrant le phénomène. »

Tant pour les 1^{ère} enfantine que pour les élèves du cycle d'orientation, nous avons toujours précisé que le travail était anonyme, qu'il n'y avait pas de réponses justes ou fausses et que l'important pour notre recherche était de comprendre leur manière de réfléchir, de penser, pour expliquer le phénomène.

5.3. Compréhension actuelle de la dissolution par les scientifiques

Nous disons d'un solide qu'il est *soluble* dans l'eau ou qu'il *se dissout* lorsqu'il forme un *mélange homogène* avec l'eau. Cela signifie que nous ne pouvons distinguer ses constituants à l'œil nu après l'avoir agité. Dans ce cas, l'eau est qualifiée de *solvant* et le solide, alors dissout, joue le rôle de *soluté*. Le mélange formé par ces deux éléments constitue une solution que nous appelons *aqueuse*, lorsque le liquide utilisé pour la dissolution est l'eau.

En réalité, ce solide se divise en minuscules particules, que nous ne pouvons pas voir à l'œil nu, et qui se dispersent ensuite dans l'eau. Les atomes, les ions ou les molécules du solide interagissent avec ceux du solvant. Cela s'appelle *la solvation* et, pour qu'elle puisse avoir lieu, les molécules du solvant et celles du soluté doivent avoir suffisamment *d'affinité*. Précisons que l'état des solides qui sont dissous n'a donc pas changé. Effectivement, ces solides ne deviennent pas liquides, mais sont divisés en particules invisibles à l'œil nu. La quantité de solide mise initialement dans le liquide reste la même, sa masse étant alors conservée.

L'eau ne peut toute fois pas dissoudre n'importe quelle quantité de solide dans un certain volume. Il existe en effet une limite qui, une fois atteinte, empêche le reste de solide de se dissoudre, ce dernier restant alors visible. La solution est dite *saturée*.

Nous rencontrons deux phénomènes inverses de la dissolution :

I. La cristallisation

Ce phénomène naturel correspond à l'isolation d'une espèce chimique sous forme de cristaux dans une solution. Nous pouvons prendre l'exemple de l'eau de mer qui, en s'évaporant, contribue à l'agglomération des ions Na^+ et Cl^- sous la forme de cristaux de sel. Ce phénomène peut être contrôlé par l'homme : procédé qui permet de choisir la quantité de produit que l'on souhaite cristalliser.

II. La précipitation

Ce phénomène naturel est une réaction chimique durant laquelle un composé solide (précipité) se forme suite au mélange de deux solutions aqueuses. Ce phénomène peut être contrôlé par l'homme : par l'ajout d'un *réactif* soluble dans l'eau, on obtient un composé insoluble ou très peu soluble (par combinaison ou permutation des ions). Celui-ci va alors *précipiter* jusqu'à ce qu'il atteigne sa limite de solubilité. Ce procédé correspond donc à une séparation liquide-solide qui permet notamment la décantation et la filtration. Précisons finalement que la précipitation est une forme plus rapide de cristallisation.

Intéressons-nous maintenant aux propriétés du sel et du sable, afin de résumer leurs propres caractéristiques.

a) Le sel

Le sel est un composé chimique dont la formule est NaCl . Il contient donc des ions Na^+ et des ions Cl^- . Par rapport à sa solubilité, il est possible de dissoudre 357 grammes de sel dans un litre d'eau (de température comprise entre 0 et 25 degrés). Si l'on met 358 grammes dans cette quantité d'eau, le sel ne sera alors pas entièrement dissout.

La masse volumique du sel est de 2,17 grammes par cm^3 .

b) Le sable

La composition du sable est particulière et faite à partir de la désagrégation de différentes roches. Ce matériau est constitué de plusieurs sortes de minéraux, pouvant aller jusqu'à 180 minéraux différents : quartz, calcaire, corail, coquillages, etc.

La masse volumique du sel peut varier en fonction de sa composition, mais est, en moyenne, de 1,85 grammes par cm^3 (lorsque le sable est sec).

5.4. Méthodologie : l'entretien semi-directif et l'analyse de contenu

5.4.1. L'entretien semi-directif

Selon Quivy et Campenhoudt (2006), la caractéristique principale de la méthode par entretiens réside dans le fait qu'un contact direct est établi entre le chercheur et ses différents interlocuteurs. Il s'agit généralement d'un réel échange lors duquel chacun a la possibilité de faire part de ses impressions et de ses idées. Le chercheur essaie, par la formulation de questions ouvertes, de stimuler l'expression de ces perceptions. Certes, il doit veiller à ne pas trop s'éloigner de la question de recherche, mais les réponses qu'il obtient sont généralement plus authentiques. Le chercheur ne dirige pas, mais doit garder bien à l'esprit les objectifs de sa recherche pour recadrer ses interlocuteurs si cela s'avère nécessaire.

Afin de mener à bien un entretien, la mise en œuvre des différents processus de communication doivent être maîtrisés et utilisés correctement. Grâce à cela, le chercheur pourra obtenir des informations riches et parfois cachées.

Il existe plusieurs types d'entretiens, et celui que nous avons utilisé s'intitule *entretien semi-directif*, ou *semi-dirigé*. Les questions que le chercheur pose sont vagues et peu nombreuses. Ce sont généralement des questions-guides, ouvertes, qui seront utilisées. La faculté du chercheur réside dans le fait qu'il doit rebondir sur ce qui est dit par son interlocuteur, et ce au moment opportun. En effet, il n'est pas possible de lister les questions au préalable et des les suivre dans l'ordre lors de l'entretien. Plus le chercheur laisse son interlocuteur s'exprimer, plus celui-ci le fera de manière ouverte. Ce type d'entretien est ainsi beaucoup plus naturel, car la personne parle en ayant une impression de liberté.

Comme l'expliquent Quivy & Campenhoudt, cette méthode permettant de récolter un grand nombre d'informations s'accompagne souvent d'une analyse de contenu, dont les principes fondamentaux sont expliqués ci-dessous.

5.4.2. L'analyse de contenu

Cette méthodologie a été utilisée pour l'analyse des différents schémas et dessins récoltés, ainsi que pour les textes écrits des élèves. De plus, cette méthode nous a permis d'effectuer un certain dépouillement au sein des retranscriptions des entretiens.

Selon Richard (2006), l'analyse de contenu permet de traiter, d'interpréter des textes afin de les classer selon des critères fixés au préalable. Nous devons cependant éviter de tomber dans une interprétation subjective. La rigueur est un élément nécessaire afin d'éviter tout abus d'interprétation et obtenir des résultats valides et fiables.

Cette méthode s'effectue selon plusieurs étapes. Il s'agit tout d'abord de sélectionner les documents utiles par rapport au sujet travaillé. Suite à cette récolte, nous devons procéder à une classification des données en relisant les différents documents, étape durant laquelle le chercheur effectue différentes interprétations.

- **Catégorisation des conceptions**

Suite à cette récolte de données, nous allons tenter de catégoriser les différentes représentations. En effet, il est possible d'élaborer des *catalogues de conceptions* des élèves (Giordan et De Vecchi, 1994), car certaines d'entre elles appartiennent à une même catégorie. Certes, de premier abord, les énoncés ne sont pas identiques. Cependant, lorsque nous nous penchons sur la pensée qui se trouve en arrière-fond et qui représente, en fait, le fondement de la conception de l'enfant, nous comprenons que certaines des représentations appartiennent à un même ensemble, car l'idée qu'elles véhiculent est identique. Etablir une telle catégorisation permet, entre autres, d'avoir une vue d'ensemble permettant d'anticiper les obstacles éventuels qui risquent de se dresser sur le parcours d'apprentissage. Comme le soulignent Giordan et De Vecchi (1994), il est donc essentiel de comprendre le fondement des différentes conceptions pour identifier clairement les pensées de l'apprenant afin d'établir une quelconque catégorisation. Cette dernière permet d'effectuer des comparaisons, de définir les pistes intéressantes prenant en compte les questions des élèves, les intégrant ainsi au processus d'apprentissage.

- **Faire émerger des conceptions pour les analyser**

Les méthodes permettant de récolter des représentations sont nombreuses, mais représentent souvent une difficulté pour l'enseignant. Selon Giordan et De Vecchi (1994), « il n'y a pas une méthode pédagogique spécifique mais plutôt une somme d'outils qui sont à notre disposition » (De Vecchi & Giordan, 1994, p.63). Il est possible d'utiliser plusieurs de ces outils afin de confronter les différents résultats.

- I. Les questionnaires (écrits ou oraux) permettent d'expliquer des faits quotidiens. Leur forme peut varier considérablement (à choix multiples, directifs, semi-directifs...).
- II. Inciter l'apprenant à expliquer le phénomène dont il est question pour s'assurer de la compréhension. Lorsque l'apprenant décrit un phénomène, cela ne garantit pas le fait de l'avoir réellement compris.
- III. Il s'avère intéressant d'allier les connaissances à la pratique des élèves, donc de choisir des situations qui sont *familiales* aux apprenants.
- IV. Pour formuler la question, il est idéal de choisir un vocabulaire adapté au niveau des élèves, qui soit assez simple et surtout clair.
- V. L'utilisation de schémas peut être risqué car ils incitent à l'interprétation. Parfois, les élèves ont recours à des symboles alors qu'ils ne comprennent pas leur sens.
- VI. Les expériences représentent une méthode très intéressante, surtout lorsque l'enseignant a la possibilité de les réaliser devant la classe.
- VII. La réalisation de dessins est un procédé riche, les enfants étant parfois plus capables de réaliser des schémas que de s'exprimer oralement. L'enseignant aura pour rôle d'inciter l'élève à « aller plus loin » pour apporter plus de détails et de précision à leurs œuvres. Demander aux élèves de compléter leurs dessins par des annotations et autres légendes permet généralement d'obtenir d'avantages d'informations.
- VIII. De manière générale, le langage oral semble être le complément nécessaire de l'écrit. L'enfant s'exprime, mais l'enseignant peut le pousser dans ses explications pour comprendre au mieux le raisonnement de l'apprenant.

Pour notre travail, nous avons mené des entretiens avec les enfantines et les 2^e primaire. Les deux autres classes ont dû expliquer le phénomène par écrit et l'illustrer à l'aide de schémas.

En plus de cela, en tant qu'enseignant, il est important de rester vigilant lors de l'interprétation des conceptions recueillies. En effet, comme nous l'avons vu, une conception est le reflet d'un modèle explicatif précis. L'enseignant se doit d'aller *chercher* cette structure sous-jacente pour cerner correctement la conception. Méfions-nous également des termes que les enfants utilisent, leur signification n'étant pas forcément la même que celle que nous leur attribuons. L'enseignant devrait faire preuve d'une capacité à se décentrer de sa propre *codification*.

6. Analyse des résultats

Nous tenons à préciser que dans les citations qui suivront, l'orthographe et la syntaxe n'ont pas été corrigées afin de respecter au mieux les propos des élèves.

6.1. Analyse des 1^{ère} enfantine

a) Différences sel et sable

Ces jeunes enfants expliquent les différences entre le sel et le sable selon différentes causes possibles. Expliquées ci-après, elles serviront ensuite d'en-têtes dans le prochain tableau résumant les pensées des enfants de cet âge.

- *Brassage* : il s'agit ici de la force ou la manière avec laquelle le sable et le sel ont été mélangés. Plus le mélange est fortement mélangé, plus l'ingrédient a alors tendance à disparaître. Plus le brassage se fait au fond du verre, plus il est efficace.
- *Couleur* : elle joue un rôle primordial, car plus elle ressemble à celle de l'eau, plus l'ingrédient devient alors invisible.
- *Différence entre sel et sable* : les deux ingrédients sont différents ce qui explique la divergence des résultats entre les deux.
- *Quantité* : plus nous mettons de quantité, plus nous verrons l'ingrédient dans l'eau.
- *« Parce que »* : le phénomène est comme ça et nous ne pouvons pas l'expliquer autrement.
- *Ordre* : l'ordre dans lequel ont été mis dans l'eau le sel et le sable influe sur la réaction qu'ils auront.
- *Flotter ou couler* : la faculté de l'ingrédient de flotter ou de couler permet d'expliquer le phénomène.
- *Présence d'eau* : la présence de l'eau empêche la visibilité de l'ingrédient.
- *La taille* : la taille de l'ingrédient a une influence par rapport à cette expérience.

Tableau 1 : Causes possibles selon les élèves

Causes possibles	Brassage	Couleur	Différence sel / sable	Quantité	« Parce que »	Ordre	Flotter / Couler	Présence d'eau	Taille
Elèves	1 ; 10 ; 11 ; 14 ; 19	2 ; 10 ; 12 ; 13 ; 18 ; 19	3 ; 19	3 ; 13 ; 17 ; 18 ; 20	4	10	16	20	20
Nombre d'élèves au total	5	6	2	5	1	1	1	1	1

Lorsque nous analysons ce tableau, nous constatons que les causes principales sont le brassage, la couleur et la quantité. Nous pouvons remarquer également que certains enfants se retrouvent dans plusieurs colonnes. En effet, ils n'étaient pas sûrs dans leurs réponses et, au fil de nos questionnements, ils révisaient leurs explications. D'autres enfants sont parvenus à expliquer le phénomène en additionnant plusieurs causes, comme la manière de mélanger et la couleur du sel.

b) Le sel

Certains enfants ont également analysé le sel de différentes manières en expliquant qu'il *s'est détruit*, *s'est caché*, *a fondu*, *s'est envolé*, *s'est mélangé* ou *est parti*. Pour cette dernière opportunité, quelques élèves ont amené des précisions : le sel est parti *dans le sable*, *dans la cuiller*, *très loin* ou *dans les grains restants*.

Tableau 2 : Actions du sel selon les élèves

Le sel est...	Détruit	Caché	Fondu	« Envolé »	Parti	Mélangé
Elèves	10 ; 16	15	15	9	5 ; 16	7
					- Dans le sable : 6	
					- Dans la cuiller : 9	
					- Très loin : 9	
					- Dans les grains restants : 17	

Précisons encore que certains d'entre eux ont comparé l'expérience à des phénomènes de leur quotidien. L'un d'entre eux (élève 15) a tout d'abord établi une comparaison avec la pluie dans son bac à sable pour expliquer la présence du sable au fond du verre. Ensuite, il s'est rappelé un geste de sa mère mettant du sel dans de l'eau pour expliquer l'invisibilité du sel. L'élève 16 a, lui, comparé le sable au fond du verre avec la plage afin de donner une explication à ce phénomène.

Finalement, l'enfant 9 parle de *volonté* de la part du sable de rester au fond du verre et l'élève 20 prétend que le sable est au fond car nous l'avons mis à cet endroit.

Notons également que seul l'élève 8 n'apparaît dans aucune des catégories des deux tableaux, car il n'a prononcé aucun mot durant la totalité de l'entretien.

Certains enfants se sont arrêtés à leurs observations, car ils ont affirmé ne pas comprendre les raisons de ce phénomène. Ils ne se sont donc pas avancés dans la formulation d'une explication ou d'une hypothèse, mais ont uniquement décrit ce qu'ils avaient devant leurs yeux.

Comme nous pouvons le constater, ces enfants de 1^{ère} enfantine sont encore dans une période de leur vie empreinte d'un certain *égocentrisme*. Ils considèrent en effet les choses et les phénomènes selon leur propre point de vue et ont de la peine à s'en écarter. Les spécialistes parlent également de *syncrétisme*, lorsque les idées et les mots forment un mélange confus et quand la subjectivité reste fortement présente.

c) Essai de catégorisation

D'une manière générale, nous constatons que les élèves ramènent beaucoup leurs explications à l'Homme, et plus précisément à tout ce qui est fait durant l'expérimentation. Ils cherchent les causes de cette différence entre le sel et le sable dans l'activité de l'individu faisant l'expérience et en font des *variables explicatives*. Ils parlent de la force utilisée pour mélanger, de la quantité mise au préalable dans les deux verres, de l'ordre dans lequel les deux ingrédients ont été déposés dans l'eau, etc. Ils recherchent donc l'explication du phénomène dans l'activité de la personne qui réalise l'expérience.

Mis à part ces éléments, ils s'intéressent également beaucoup aux caractéristiques du sel : taille, couleur, capacité de flotter ou de couler, etc. Elles deviennent alors les variables explicatives du phénomène. Il s'agit ici d'un raisonnement *pré-scientifique*, et non plus

magique comme nous pouvons en rencontrer chez certains enfants. Effectivement, ils ne mettent pas la cause sur des éléments surnaturels et ne supposent pas l'existence d'êtres mystérieux.

Les enfants se représentent les phénomènes qui les entourent de différentes manières. Afin de les expliquer, ils utilisent des modes de pensée particuliers. Trois d'entre eux (dont les caractéristiques ont été présentées dans le cadre conceptuel) seront utilisés ci-dessous pour catégoriser les raisonnements des élèves. Ceci permettra de classer leurs diverses explications qui illustrent leur façon de comprendre le monde qui les entoure.

I. Animisme enfantin

L'élève 5 prétend que le sel *est parti* contrairement au sable, tout comme l'élève 6 qui affirme également que le sel *est parti* (dans le sable). L'élève 9 pense également que le sel *est parti, très loin*. Il émet une hypothèse intéressante : « peut-être que le sable il voulait rester ». Il parle de *volonté*, faculté réservée aux êtres capables de faire des choix, et donc inexistante chez les choses inanimées. Quant à l'élève 10, il prétend que le sel *est venu dessus*.

Les verbes utilisés par les enfants afin de décrire l'action du sel laissent penser que c'est l'ingrédient lui-même qui décide de faire telle ou telle autre chose. Nous pourrions donc penser que les enfants interrogés considèrent le sel comme vivant, raison pour laquelle il peut faire des choix quant à sa destination.

II. Réalisme enfantin

L'élève 2 a affirmé qu'il voyait le sel au fond du verre, tout comme le sable. Avant même de regarder dans l'eau, il a prétendu le voir. Ce n'est qu'après notre questionnement qu'il s'est rendu compte qu'il ne le voyait pas.

L'élève 6 a réagi de la même manière, ce que nous pouvons constater dans l'extrait de l'entretien, ci-dessous.

- Expérimentateur : *Qu'est-ce que tu remarques ?...*
- Elève 6: *Ben je vois le sable, là, et pis le sel.*
- Expérimentateur : *Tu vois le sable ?*
- Elève 6: *Là.*
- Expérimentateur : *Il est où le sable ?*
- Elève 6: *Là.*
- Expérimentateur : *Au fond du verre ?... D'accord. Et le sel, il est où ?*
- Elève 6: *Euh... Là...*
- Expérimentateur : *Où ?*
- Elève 6: *Il est plus là !*

Nous remarquons que son idée première est d'affirmer qu'il voit le sel, mais il révisé son jugement une fois son attention attirée sur le phénomène.

L'élève 9 a eu une réaction identique, jusqu'à ce qu'il s'aperçoive que le sel n'était en fait pas visible au fond du verre. Nous avons dû le questionner à plusieurs reprises, lui demander de montrer le sel avec son doigt pour qu'il se rende finalement compte de l'invisibilité du sel. Nous pouvons penser au primat de la théorie sur l'observation.

L'enfant regarde en effet le monde à partir de ce qu'il en sait, par rapport à ses propres conceptions. En observant le phénomène, il *voit* alors principalement les éléments qui vont confirmer sa pensée initiale.

III. Artificialisme enfantin

La cause de la dissolution mentionnée par ces enfants était souvent externe, par exemple en lien avec les conditions de l'expérience (quantité de sel et de sable, force et manière de mélanger, etc.). Nous nous rapprochons ainsi du mode de pensée dit *artificialisme enfantin*, qui sous-entend la notion « fait par » pour expliquer les phénomènes.

6.2. Analyse des 2^e primaire

a) Différences sel et sable

En analysant les résultats obtenus, nous nous sommes rapidement rendu compte que ces enfants ont souvent eu recours aux comparaisons pour expliquer l'expérience. Ils la comparent avec leurs expériences personnelles ou avec des éléments qui leur sont connus.

Tableau 3: Types de comparaisons

	Avec la mer	Avec la nourriture	Avec le lac	Avec des cailloux	Avec des glaçons
Elèves	1 ; 2 ; 5 ; 6 ; 12 ; 14	1 ; 2 ; 5 ; 12	5	12	14
		- dans la bouche : 6			
		- sucre dans le café : 10			

Comme nous pouvons le remarquer, sur les quinze élèves, sept ont utilisé cette stratégie. Grâce à cela, ils semblaient rassurés et le phénomène prenait alors sens. Ce sont généralement des gestes de leur quotidien qui ont retenu leur attention : mettre du sucre dans du café, mettre du sel dans de la soupe ou dans de la nourriture, lancer des cailloux dans un lac, etc. Notons que dans la plupart des cas, les exemples choisis étaient cohérents et donc en lien avec l'expérience à analyser.

Mis à part cet aspect, les élèves ont trouvé différents facteurs pouvant influencer le sable et le sel. Voici ci-dessous un tableau résumant les propos des élèves en fonction des causes qu'ils ont formulées afin d'expliquer le phénomène.

Tableau 4: Causes possibles selon les élèves

Causes possibles	Mélange	Quantité	Poids	Composition	Epaisseur	Force	Fragilité / Solidité	Couleur / Invisible
Elèves	1	3 ; 13	3 ; 5 ; 7 ; 8 ; 9	4 ; 11 ; 12	7 ; 10 ; 13	8	15	9 ; 12 ; 13
Nombre d'élèves au total	1	2	5	3	3	1	1	3

Rappelons, avant d'analyser ce tableau, que les principales causes retenues chez les enfantines étaient les suivantes : la couleur, la quantité et la manière de mélanger les ingrédients. Par rapport à ces trois possibilités, nous remarquons que seuls deux enfants ont ici parlé de la quantité de sel et de sable. Concernant le manière de mélanger, un seul enfant a pensé à ce facteur. Pour la couleur, trois enfants pensent qu'il s'agit d'un élément déterminant dans cette expérience.

Nous remarquons que l'épaisseur du grain de sable et de sel ont attiré l'attention de ces enfants. Cependant, la cause la plus souvent mentionnée concerne le poids des deux ingrédients, catégorie qui ne se retrouve pas chez les enfantines. Par exemple, l'élève 5 a expliqué qu'en raison de son poids, *le sable ne peut pas bouger*, ce qui explique pourquoi il reste au fond du verre, contrairement au sel.

Un aspect qui a retenu notre attention concerne la composition des ingrédients. En effet, trois élèves se sont intéressés à cet élément pour essayer d'expliquer le phénomène. Généralement, ils ne pouvaient pas décrire correctement la composition du sel, mais savaient que le sable étaient fait à partir de petits cailloux, raison pour laquelle le sable ne pouvait pas flotter. Cet élément, à savoir la composition, est une nouvelle catégorie qui n'était pas apparue chez les plus jeunes.

b) Le sel

Une fois que les causes concernant la différence entre le sel et le sable ont été mentionnées et expliquées par les enfants, les questions suivantes se sont alors posées : que s'est-il passé avec le sel et où est-il maintenant ?

L'une des réponses obtenue concerne *l'évaporation*. Nous avons pu constater, suite à plusieurs questionnements, que ce terme n'est pas clair dans l'esprit de ces enfants. Voici, ci-dessous, les explications données selon les élèves ayant parlé d'*évaporation*.

- Elève 4 : ce terme signifie que le sel a disparu, mais qu'il est toujours dans le verre, plutôt vers le haut.
- Elève 7 : lorsque le sel s'évapore, il entre dans l'eau.
- Elève 8 : le sel s'est évaporé et il est donc parti en fumée.
- Elève 9 : comme l'élève 7, cet enfant prétend que le sel s'évapore et entre donc dans l'eau.
- Elève 11 : lorsque le sel s'évapore, il part dans l'air.

Nous remarquons que pour les élèves 8 et 11, le terme d'évaporation se rapproche plus ou moins de la définition scientifique de ce terme (passage d'un état liquide à un état gazeux), raison pour laquelle ils seront classés dans la colonne concernant l'évaporation dans le prochain tableau. Au contraire, les enfants 4, 7 et 9 ne feront pas partie de cette catégorie et seront placés selon leur définition du terme évaporation.

Tableau 5: Actions du sel selon les enfants

Le sel ...	S'est Evaporé	A disparu	Est parti dans l'eau	S'est mélangé avec l'eau	S'est promené	S'est dissout	A fondu	Est devenu plus petit	Est devenu invisible	Flotte
Elèves	8 ; 11	4	1 ; 7 ; 9	2 ; 3 ; 5	5 ; 7	15	6 ; 12 ; 13	9 ; 10	9	10 ; 15

Nous trouvons intéressant d'analyser plus précisément le cas de l'élève 7, qui nous a immédiatement raconté, au début de l'entretien, que sa grande sœur avait déjà fait cette expérience (avec les 5^e primaire) et qu'elle lui avait donc déjà expliqué son fonctionnement. Nous avons donc dû insister sur le fait que chacun est libre de penser ce qu'il veut et qu'elle aurait peut-être, elle, une autre idée.

- Elève 7: *Ma sœur elle a déjà fait...*
- Expérimentateur : *Oui... Et ça, du sel... la même quantité, hein ? Voilà... Alors maintenant tu regardes bien ce qui va se passer. Je vais mélanger les deux...*
- Elève 7: *Ma sœur elle m'a déjà dit !*
- Expérimentateur : *C'est vrai ?*
- Elève 7: *Oui.*
- Expérimentateur : *Alors je vais...*
- Elève 7: *Que le sable il restait au fond, euh, pis le sel il s'évaporerait !*

En se basant principalement sur les propos de sa sœur, nous découvrons que sa conception des sciences est particulière : elle essaie plutôt de *deviner* ce qui va se passer plutôt que de faire une investigation par elle-même.

Suite à ses observations, elle en est arrivée au fait que le sel s'était bel et bien évaporé. Ici se manifeste à nouveau le primat de la théorie sur l'observation : ce qu'elle a entendu de sa sœur est prioritaire, et non ses propres observations. Nous lui avons ensuite demandé plus d'explications au sujet de l'évaporation, afin de nous rendre compte de sa compréhension. Pour elle, ce terme signifie que le sel est *parti dans l'eau, entré dans l'eau*. Elle a justifié ensuite la différence entre le sel et le sable par rapport à leur poids et donc à leur capacité à s'évaporer.

Nous pouvons constater combien il est important de questionner les enfants, surtout lorsqu'ils utilisent des mots de vocabulaire compliqués. En leur demandant une définition, nous pouvons rapidement nous rendre compte qu'ils emploient des termes qu'ils ont déjà entendus, mais dont ils ne connaissent pas la signification.

En observant le tableau ci-dessus, nous remarquons que 6 élèves émettent l'hypothèse que le sel est soit *parti*, soit *mélangé* dans l'eau. Ils ne peuvent pas véritablement expliquer ce qui se passe concrètement, mais imaginent tout de même que le sel est toujours présent

dans l'eau. En effet, certains pensent au contraire que le sel a disparu, s'est évaporé et qu'il n'est donc plus présent dans le verre.

Comme chez les enfantines, certains élèves utilisent des verbes particuliers pour décrire les actions du sel et du sable. Il s'agit de verbes de déplacement et ayant un lien avec la volonté. Ainsi, nous retrouvons des phrases telles que : Elève 2 : « Ben en fait le sable il reste à sa place. Le sel, quand nous on le mélange et ben en fait ça s'mélange parce que le sel il peut pas rester en bas. » Ici, nous remarquons que cet élève utilise un verbe de volonté, comme si le sel choisissait ou non son déplacement. Il se peut cependant qu'il s'agisse d'une autre explication : l'élève réfléchissait peut-être en fonction des caractéristiques de l'ingrédient et n'avait donc pas l'intention d'attribuer une volonté au sel lui-même.

Les explications de l'élève 15 ont particulièrement retenu notre attention. Dès ses premières observations, cet enfant a immédiatement affirmé que le sel s'était dissout. Nous lui avons donc demandé d'expliquer plus précisément ce phénomène, afin de pouvoir vérifier sa compréhension.

- Expérimentateur : *Qu'est-ce que ça veut dire, ça ? C'est un mot compliqué !*
- Elève 15: *Ben, ça veut dire que, que les petits grains ils sont cassés.*
- Expérimentateur : *Ils se sont cassés ?*
- Elève 15: *Mmm.*
- Expérimentateur : *Et puis il est où alors maintenant le sel ?*
- Elève 15: *Ben maintenant il est dans l'eau !*

Nous trouvons très intéressant l'idée que les grains *se cassent*, car cette explication se rapproche de celle des scientifiques. Afin d'expliquer la différence entre le sel et le sable, il a expliqué que ce dernier pouvait *supporter* l'eau contrairement au sel. Puis, pour appuyer ses explications, il a également fait quelques comparaisons avec des phénomènes connus, comme nous pouvons le remarquer en observant le tableau sur les comparaisons effectuées. Par la suite, il a également parlé de solidité et de fragilité pour expliquer davantage les différences. Cependant, lorsque nous lui avons demandé de montrer avec son doigt où se trouvait le sel, il a hésité, puis nous a indiqué qu'il *flottait* sur l'eau, et il a montré l'ensemble de l'eau dans le verre. Il a finalement affirmé que le sel *flottait dans l'eau*.

c) Essai de catégorisation

Nous avons remarqué, suite à l'analyse de ces résultats, que les enfants de 2^e primaire ont plusieurs idées qui peuvent représenter l'amorce d'un raisonnement scientifique. Ils recherchent déjà différentes variables pour expliquer le phénomène. Nous rencontrons des causes telles que la composition des ingrédients, leur poids, etc. Cela démontre que ces enfants se penchent sur les caractéristiques du sel et sur celles du sable et qu'ils essaient de les comparer pour expliquer les différences de réaction. Effectivement, ils se rattachent beaucoup à leur vécu personnel pour expliquer les phénomènes. Ils ont tendance à mettre en lien des éléments qui n'en ont pas, raison pour laquelle nous parlons ici de *synchrétisme* pour caractériser le mode de pensée de ces enfants.

En faisant de nombreuses comparaisons avec leurs expériences personnelles, nous remarquons que ces élèves utilisent un mode de raisonnement particulier, dit *analogique*.

Ils s'appuient sur une situation connue pour la transposer ensuite dans le nouveau contexte qu'ils doivent analyser.

En plus de cela, nous avons le sentiment que le *finalisme enfantin* est fortement présent chez ces enfants. En effet, ils tendent à expliquer ce phénomène en recherchant le but poursuivi par le sel et le sable. Par exemple, ils prétendent que le sel n'est plus dans le verre, *car il ne peut pas rester à sa place*.

Dans certains cas, lorsque les élèves utilisent des verbes comme *pouvoir*, *se promener*, ou encore *se balader*, nous pensons que ces enfants sont encore dans un mode de pensée de type *animisme enfantin*. En effet, ils utilisent des verbes qui laissent imaginer que pour eux, le sel est animé et capable de décider de ses mouvements.

6.3. Analyse des 5^e primaire

a) Différences sel et sable

Comme les degrés précédents, nous avons réalisé un tableau afin de résumer les diverses causes évoquées par les élèves au sujet des différences entre le sel et le sable. Très peu de causes différentes ont été ici mentionnées, raison pour laquelle seules quatre colonnes constituent notre tableau. Les enfants ont donc parlé de la différence de poids entre le sel et le sable, tout en prenant parfois en considération le poids de l'eau. Ensuite, ils ont également parlé de la composition du sable, fait de petits cailloux, sans toutefois évoquer celle du sel. Un élève a analysé la situation en fonction de la couleur du sel, facteur que nous avons rencontré à de nombreuses reprises chez les élèves d'enfantes. L'un de ces enfants de 5^e primaire parle encore de la couleur pour expliquer l'invisibilité du sel dans l'eau, ce qui démontre combien une représentation peut durer dans le temps. Un autre élève explique l'expérience selon la différence d'épaisseur entre le sable et le sel.

Tableau 6 : Causes possibles selon les élèves

Causes possibles	Poids	Consistance / Composition	Couleur	Epaisseur
Elèves	1 ; 2 ; 6 ; 8 ; 11 ; 12 ; 13 ; 17 ; 18	3 ; 4 ; 5 ; 8 ; 11 ; 12 ; 16 ; 18	9	15
Nombre d'élèves au total	9	8	1	1

Il est intéressant de constater que le *poids* et la *composition* sont ici deux facteurs prédominants pour ces enfants. Nous remarquons que les élèves se sont beaucoup préoccupés de la matière pour comprendre l'expérience. Certains se sont appuyés sur cet élément pour en déduire ce qu'ils pouvaient observer, mais n'ont cependant pas poussé leur raisonnement plus loin. L'élève 5 a par exemple écrit : « Le sel est d'une matière qui s'évapore. Et le sable est d'une matière faite de coquilles qui ne flotte pas. »

Les élèves se sont généralement arrêtés à leurs observations, sans essayer d'interpréter le phénomène afin de le comprendre. Il est effectivement plus difficile d'émettre des hypothèses ou de formuler une explication plutôt que de décrire ce qui se passe sous nos yeux. Le passage par l'écrit pourrait peut-être expliquer ce déficit au niveau de l'explication, car les élèves sont restés seuls face à leur feuille afin de préserver l'anonymat.

Comme les élèves de 2^e primaire, ces enfants ont eu recours à des comparaisons avec des situations vécues dans leur quotidien pour expliquer l'expérience. Ceci leur permet de dresser des parallèles entre des phénomènes qui leur sont connus et l'expérience qu'ils doivent expliquer (mode de pensée analogique). Ils se basent principalement sur leurs conceptions, sur leurs connaissances tirées de leurs expériences personnelles, pour pouvoir interpréter le phénomène.

Tableau 7 : Types de comparaisons

Comparaison avec ...	Dans notre bouche	De la nourriture	La mer	De minuscules cailloux
Elèves	5	- Bout de viande : 5 - Sucre : 8	5 ; 7 ; 17	16

b) Le sel

Certains enfants ont toutefois tenté d'expliquer la réaction du sel avec l'eau, résultats répertoriés dans le tableau qui suit.

Tableau 8 : Actions du sel selon les élèves

Le sel est...	Dissout	Dilué	Evaporé	Parti	Eparpillé	Diminué	Fondu
Elèves	2 ; 7 ; 9 ; 15 ;	3 ; 6 ; 14 ; 16	4 ; 5 ; 12	8	13	18	8 ; 10 ; 11

Nous pouvons constater qu'à cet âge, huit enfants ont parlé de *dissolution* ou de *dilution*. L'élève 2 a également apporté une explication supplémentaire au sujet de cette terminologie : « Cela veut dire qu'il est toujours dans le verre mais sous une autre forme ». L'élève 14 a amené une précision : « Le sel se dilue qui veut dire que après l'eau va devenir salé et il y aura plus de sel. » D'autres enfants ont affirmé par exemple que le sel se dilue, mais n'ont pas expliqué ce que cela signifiait concrètement. Nous ne pouvons donc pas affirmer que la terminologie utilisée est correcte et réellement comprise par les enfants. Ils utilisent en effet ces termes pour expliquer la *disparition* du sel, mais ne sont généralement pas capables d'expliquer en quoi consiste réellement la dissolution.

Comme pour les élèves de 2^e primaire, nous ne pouvons pas certifier que le terme *évaporation* est vraiment compris par ces enfants. Effectivement, trois élèves ont mentionné cette cause pour expliquer le phénomène. L'élève 4 a affirmé : « Il reste en-haut et il s'évapore ». Le texte écrit par l'élève 5 laisse penser qu'il comprend le phénomène de l'évaporation, mais nous ne pouvons pas le certifier : « Le sel s'évapore comme dans

notre bouche il s'évapore le sel est d'une matière qui s'évapore. » Enfin, l'élève 12 a expliqué : « Le sel ne reste pas au fond du verre parce que c'est une chose qui à dans sel qui s'évapore et que le sable... »

Nous n'avons pas classé l'élève 8 sous la colonne de l'*évaporation*, bien qu'il ait toutefois mentionné ce terme. Cependant, le commentaire qu'il a lui-même rajouté entre parenthèses témoigne de sa mauvaise compréhension du phénomène: « Le sel comme du sucre a fondu (évaporer). »

Tant pour l'élève 8 que pour l'élève 12, nous remarquons que les explications qu'ils donnent concernent la matière elle-même : les propriétés de cette dernière influent sur son comportement, ce qui explique ici son évaporation. Cet intérêt pour les propriétés de la matière rappelle les découvertes des chimistes à son sujet, lorsqu'ils ont découvert les différentes propriétés possibles de celle-ci.

c) Essai de catégorisation

Nous pensons pouvoir affirmer que les élèves sortent peu à peu de l'*égocentrisme* et arrivent à se détacher petit à petit de leur propre point de vue. Cependant, le *syncrétisme* semble être fortement présent, car les élèves utilisent des termes dont ils ne connaissent pas forcément la définition exacte. Parfois, nous avons remarqué que leur vision était confuse et, de manière générale, imprécise. Ils mettent des éléments en lien alors que cela n'a pas de sens. Ils possèdent des connaissances à ce sujet, mais ne parviennent pas à les ordonner correctement. Les outils qu'ils ont à disposition, à savoir leurs expériences personnelles ainsi que leurs représentations, les aident à formuler des explications au sujet du phénomène. Les liens qu'ils font entre les différents éléments ou les diverses notions témoignent d'une certaine confusion. L'élève 14 utilise par exemple la notion de *dilution*, mais les explications qui suivent témoignent de son incompréhension : « Le sel se dilu qui veut dire que après l'eau va devenir salé et il y aura plus de sel. » Les enfants ont également tendance à rapprocher les éléments aux phénomènes qu'ils connaissent, raison pour laquelle ils utilisent de nombreuses comparaisons. Le mode de raisonnement qu'ils utilisent est donc *analogique* : ils transposent des connaissances d'un contexte connu à un nouveau domaine. Ainsi, l'élève 7 écrit : « Par exemple la mer méditerranée et salé mes on ne voit pas le sel tendre que le sable on le voit par terre ! »

6.4. Analyse des 2^e du cycle d'orientation

b) Différences sel et sable

Avant de commencer l'analyse de ces résultats, il est nécessaire de préciser que, l'année précédente, le thème de la dissolution avait été étudié par l'ensemble de ces élèves. D'une manière générale, nous avons pu constater que le vocabulaire en lien avec ce thème est connu. Cependant, les explications fournies par les divers élèves ne témoignent pas avec certitude de leur réelle compréhension, chose que nous allons plus précisément analyser dans la suite de ce point.

Tableau 9 : Causes possibles selon les élèves

Causes possibles	Composition	Poids	Dureté / Solidité	Epaisseur	Taille	Densité
Elèves	1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 9 ; 11 ; 16	1 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 11 ; 12 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20	8	10	17	5
Nombre d'élèves au total	9	15	1	1	1	1

En analysant ce tableau, nous constatons que deux catégories apparaissent comme majoritaires pour ces élèves : la composition et le poids. Effectivement, beaucoup d'élèves se sont penchés sur les composants du sable pour expliquer le phénomène de la dissolution. Au contraire, très peu d'entre eux se sont intéressés à la composition du sel. L'élève 4 a toutefois précisé la présence d'eau dans le sel pour justifier le mélange de cet ingrédient avec l'eau, tout comme l'élève 5 qui a parlé des molécules H₂O présentes dans le sel. Au contraire, nous remarquons, en nous intéressant par exemple de plus près à l'élève 9, qu'il est beaucoup question de la composition du sable dans son raisonnement. Cependant, afin de comparer sa réaction avec celle du sel, il a écrit : « Le sel se disout dans l'eau parce que c'est comme sa, c'est une matière comme sa et pas autrement. » Ce sont les propriétés de la matière qui retiennent l'attention de cet élève (se dissoudre, conduire la chaleur ou l'électricité, etc.).

Par rapport à l'aspect du poids, il est intéressant de constater que 13 élèves sur 20 en ont parlé pour expliquer la dissolution et pour clarifier la différence entre le sel et le sable, ce dernier étant présent au fond du verre.

Nous trouvons l'explication de l'élève 5 également intéressante : « Le sel n'est pas compact il finit par se séparer est se dillue. Tandis que le sable compact en présence d'eau donc il ne se sépare pas. » Nous pouvons constater que son raisonnement se rapproche de celui des scientifiques, et qu'il a pu verbaliser le phénomène avec ses propres mots. Il a également parlé de la composition du sel (molécules H₂O), comme expliqué précédemment.

Nous avons ensuite répertorié les différentes comparaisons faites par les élèves dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Types de comparaisons

	Mer / Plage	Poudre	Constructions en sel / en sable	Gravier / Caillou	Plats que l'on mange / cuisine
Elèves	1 ; 6 ; 10 ; 11 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 19	6 ; 10	6 ; 14	8 ; 10	11 ; 12 ; 16 ; 18 ; 19

Comme dans les degrés précédents, nous constatons que les comparaisons sont très présentes dans les explications des élèves. Bien qu'ils aient utilisé le terme *dissolution*, ils

se rattachent à des phénomènes de la réalité pour confirmer leurs propos. Peut-être cherchent-ils en effet un moyen de se rassurer en comparant l'expérience avec leur vécu personnel. Ainsi, nous trouvons de nombreuses comparaisons avec la mer, la plage et la cuisine.

b) *Le sel*

Intéressons-nous désormais aux explications des élèves concernant le sel, comme nous l'avions fait pour les autres degrés. Nous constatons que seules deux catégories peuvent être ici réalisées: 1. Le sel s'est dissout. 2 Le sel s'est évaporé.

Tableau 11 : Actions du sel selon les élèves

Le sel est...	Dissout	Evaporé
Elèves	1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20	11 ; 16 ; 20
	<i>Le sable ne se dissout pas : 14</i>	

Nous pouvons remarquer que la totalité des élèves de cet âge ont parlé de la dissolution du sel. Nous avons cependant créé une case supplémentaire dans la colonne intitulée « *Dissout* » afin de pouvoir classer l'élève 14. En effet, il a commencé son propos par : « Le sable ne se dissout pas car quand on est à la mer... ». Ceci laisse penser qu'il sous-entend que le sel, lui, s'est dissout. Nous ne pouvons toutefois pas en être certains, raison pour laquelle nous avons préféré le différencier des autres élèves.

Notons toutefois que trois élèves (11, 16 et 20) ont également mentionné l'*évaporation* pour clarifier le phénomène.

- Chez l'élève 11, nous remarquons que les termes *évaporation* et *dissolution* ne sont pas clairement distincts. Effectivement, ses explications laissent penser qu'ils sont synonymes. En se basant sur des comparaisons (avec la mer et avec la nourriture), il commence par affirmer que le sel s'est évaporé. Puis, dans la suite de ses explications, nous trouvons l'idée que « le sel va se dissoudre en peu près partout » sans qu'elle soit davantage expliquée. Il reparle ensuite d'évaporation du sel et termine finalement son explication par : « ... ça rend quand même plus lourd que le sel et les pierres sa se dissoud pas. »
- Bien que l'élève 16 ait parlé de dissolution dans la quasi totalité de son explication, il a commencé par affirmer : « Le sable est plus lourd alors il va descendre tandis que le sel est plus léger alors il va s'évaporer. » Suite à cette affirmation, il a établi une comparaison avec la mer et a finalement écrit : « Le sel se dissout car il est léger. »
- L'élève 20 n'a pas parlé d'*évaporation* dans son texte, mais dans son schéma expliquant la réaction du sel, nous trouvons l'affirmation suivante : « à force de le mélanger il s'évapore ».

L'analyse de ces trois élèves laisse penser que les termes d'*évaporation* et de *dissolution* ne sont pas clairs dans leur esprit. Entre confusion et incompréhension, nous ne pouvons cependant pas trancher sur l'unique base de leurs textes.

c) Essai de catégorisation

Comme mentionné précédemment, ces élèves ont étudié le thème de la dissolution l'année précédente, ce qui peut expliquer que tous l'aient évoqué. Cependant, en analysant leurs écrits, nous trouvons différentes explications quant à ce thème, mais qui ne sont pas toujours en accord avec la réalité. Intéressons-nous donc maintenant aux différentes définitions formulées par ces élèves au sujet de la dissolution, afin de catégoriser leurs conceptions sur ce thème.

I. « Il se dissout », autrement dit il...

Selon l'élève 1, le sel *fond* dans l'eau. Au contraire, l'élève 3 prétend que le sel se sépare en *morceaux microscopiques*. L'élève 15 va dans la même direction en affirmant que le sel s'est *mélangé* avec l'eau.

En comparant le phénomène avec le domaine de la cuisine, certains élèves ont expliqué que le sel *laissait son goût* (sous la forme d'*arôme*) bien que l'on ne puisse voir les grains (élèves 12, 18 et 19). Précisons qu'une remarque ajoutée par l'élève 12 dans l'un de ses schémas laisse penser que le phénomène de la dissolution n'est pas clair pour lui. En effet, sur le dessin représentant le verre d'eau dans lequel avait été versé le sel, il écrit : « Il n'y a plus de sel ».

II. Il se dissout, car...

❖ Nous le mélangeons

Certains élèves ont expliqué que le sel pouvait se dissoudre grâce au fait que nous le mélangions (élèves 8 et 20).

❖ Composition dense, présence de molécules favorables et caractère miscible du sel

Pour l'élève 5, le sel *arrive* à se dissoudre, car il n'est pas *compact*. En le mélangeant avec de l'eau, *il finit par se séparer*. Quant au sable, il *devient dur* au contact de l'eau. Il explique que les molécules de H₂O présentes dans l'eau *n'arrivent pas à entrer et diviser le sable*, car ce dernier contient une molécule *qui l'empêche de se diluer*, contrairement au sel.

L'élève 2 a formulé une explication plus précise, en basant sa réflexion sur le caractère *miscible* du sel. Il a ensuite rajouté qu'avec l'eau, ils formaient un mélange homogène, contrairement au sable qui est non-miscible et qui forme donc un mélange hétérogène avec l'eau. En effet, constitué de cailloux fins, il ne peut se dissoudre, sa substance étant dure et pleine de matière. Pour lui, il s'agit également du facteur de solubilité du sel et il précise qu'une fois dissout, la masse du sel est conservée bien qu'on ne puisse le voir dans le verre.

❖ Question de poids ou d'épaisseur

Plusieurs élèves ont expliqué que le sel se dissout en raison de son poids, plus précisément de sa *légèreté*. Certains ont comparé son poids à celui du sable (élèves 5, 6, 7 et 8), alors que l'élève 15 l'a comparé à celui de l'eau.

❖ Question d'épaisseur

L'élève 11 met la cause de la dissolution du sel sur le fait que cet ingrédient est fin.

❖ Présence de liquide

D'autres expliquent que le sel se dissout en présence de liquide, dans le cas présent, de l'eau (élèves 6, 10). Les élèves 8, 12 et 19 généralisent cet aspect du sel à l'ensemble des liquides. L'élève 6 a comparé le sel à de la poudre, qui ne peut *tenir dans l'eau*, ce qui explique le phénomène de la dissolution pour cet ingrédient.

❖ Question de « fatalité »

Deux élèves (9 et 11) ont mis la cause de la dissolution du sel sur le fait que « c'est une matière comme ça ». Comme dit précédemment, pour l'élève 9, ce sont les propriétés de la matière qui retiennent son attention. L'élève 11 a également précisé que la nature avait elle-même fait le choix : « Car la nature a décidé comme ça ». Ici, il s'agit d'un raisonnement dit *tautologique*, caractérisé par la formule « parce que *c'est comme ça* ».

❖ Caractère soluble ; présence d'un solvant et/ou d'un soluté

Certains élèves ont expliqué pourquoi le sel pouvait se dissoudre au contraire du sable. L'élève 3 a qualifié cet ingrédient de *solvant*. Quant aux élèves 18 et 19, ils ont affirmé que le sel était *soluble*, car il se diluait dans l'eau.

L'élève 16 a expliqué que le sable ne pouvait se dissoudre, ceci en raison des *bouts de matière* qui le composent. Tout comme l'élève 13 qui, lui, précise que le sable est insoluble car le solvant (l'eau) ne réussit pas à le dissoudre. Cet élève a également défini le sel comme étant un *soluté*, dissout par le *solvant*.

Pour l'élève 4, le sel est un *soluté* et l'eau un *solvant*. Le sable, lui, est un mélange fait de cailloux, de poussières et d'autres éléments. Les cailloux ne sont pas des *solutés*, ce qui explique que le sable ne se dissout pas. Il précise qu'il reste au fond du verre à cause de sa masse plus grande. Il explique la dissolution du sel en se penchant sur sa composition et donc de la présence d'eau dans le sel. Selon lui, *c'est normal* que les deux éléments se mélangent.

Finalement, l'élève 7 définit le sel comme étant un *soludé* (confusion dans les termes : soludé au lieu de soluté) et l'eau comme un *dissolvant*. Selon lui, la quantité de sel détermine si le sel pourra être dissout. S'il y a trop de sel dans l'eau, cette dernière ne pourra pas tout dissoudre.

❖ Solidité du sable et du sel

L'élève 14 a, lui, expliqué que des grains de sel ne pouvaient tenir s'ils étaient superposés, contrairement aux grains de sable avec lesquels il est possible de faire des constructions.

❖ Volonté du sel

Selon l'avis de l'élève 11, le sel *essaie* de se dissoudre. Comme expliqué précédemment, nous ne pouvons pas certifier que cet élève attribue réellement une volonté au sel. Il se peut qu'il s'intéresse uniquement aux caractéristiques de l'ingrédient. L'emploi de ce verbe n'est peut-être qu'un moyen de s'exprimer, ce qui peut prêter à confusion.

6.5. Essai de comparaison des différents degrés

A ce stade de notre analyse, nous établissons maintenant une comparaison entre les quatre degrés afin de cerner une éventuelle évolution. Ceci nous permettra de relever tant les différences que les similitudes entre ces diverses classes d'âge et de dresser ainsi quelques parallèles.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons répertorié les principales caractéristiques de chaque niveau. Le nombre d'élèves correspondant à chaque facteur est inscrit entre parenthèses, ce qui permet de nous rendre compte de leur importance.

Tableau12 : Récapitulatif des quatre degrés

Degrés Caractéristiques	1 ^{re} enfantine	2 ^e primaire	5 ^e primaire	2 ^e du CO
Principales causes de la dissolution	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur (6) - Quantité (5) - Brassage (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - Poids (5) - Composition (3) - Couleur (3) - Epaisseur (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - Poids (9) - Consistance / Composition (8) 	<ul style="list-style-type: none"> - Poids (13) - Composition (9)
Principales actions du sel	<ul style="list-style-type: none"> - Est parti (6) 	<ul style="list-style-type: none"> - A fondu (3) - Est parti dans l'eau (3) - S'est mélangé avec l'eau (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - S'est dissout (4) - S'est dilué (4) - S'est évaporé (3) - A fondu (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - S'est dissout (20) - S'est évaporé (3)

Particularités	- Peu de certitude	- Beaucoup de comparaisons	- Beaucoup d'observations, peu d'explications	- Beaucoup de comparaisons
	- <i>Volonté</i> du sel	- Utilisation d'un vocabulaire scientifique non-maîtrisé (évaporation)	- Beaucoup de comparaisons	- Mauvaise utilisation du vocabulaire
	- Quelques comparaisons		- Vocabulaire incompris (dissolution, évaporation)	- Confusion dans les termes qui entraîne de fausses explications

Comme nous pouvons le constater, les comparaisons ont largement été utilisées dans chacun des degrés. Effectivement, dès la 1^{ère} enfantine, les enfants ont comparé le phénomène avec des situations familières. Même au cycle d'orientation, alors que la dissolution a été travaillée une année auparavant, les élèves ont également recours aux comparaisons pour vérifier leurs explications plus « scientifiques ».

Dès la 2^e primaire, nous remarquons que les élèves utilisent un vocabulaire dont ils ne connaissent pas vraiment le sens ou, du moins, dont la définition qu'ils en donnent est erronée. Ainsi, des termes tels que l'*évaporation* et la *dissolution* apparaissent dans les explications des 2^e et 5^e primaire. Cependant, les précisions qu'ils apportent démontrent qu'ils ne sont pas correctement utilisés. Souvent, leurs explications laissent penser qu'ils ont déjà entendu ces mots et se sont eux-mêmes fabriqués une définition selon leurs propres observations ou expériences.

Pour les élèves du cycle d'orientation, nous constatons qu'ils possèdent le vocabulaire en lien avec le thème de la dissolution, mais ces mots deviennent petit à petit un mélange confus. Nous voyons que ce phénomène a été étudié, mais nous remarquons qu'il n'est plus clair dans l'esprit de la majorité des élèves. Les mots de vocabulaire s'entremêlent, se confondent et de nouveaux facteurs sont pris en compte alors qu'ils ne sont en réalité pas en lien avec la dissolution.

▪ *En quoi une évolution des conceptions ?*

Afin de cerner une éventuelle évolution, nous nous penchons désormais sur les diverses causes de la dissolution évoquées par les élèves des différents degrés, ainsi que sur les actions du sel, également mentionnées.

Premièrement, chez les élèves d'enfantine, la quantité a souvent été mise en cause. Effectivement, ils voulaient juger par eux-mêmes si la bonne quantité de sel et de sable avait été utilisée. La cause était donc ici externe, à savoir en lien avec la personne faisant l'expérience (artificialisme). Dans le même ordre d'idées, ils ont parlé de la manière de mélanger les deux verres. Ces deux éléments n'apparaissent plus, du moins pas majoritairement, dans les degrés suivants.

Le facteur principal évoqué par les enfantines est la *couleur*, que nous retrouvons également chez les enfants de 2^e primaire. Ces derniers ont également parlé de l'*épaisseur* du sel pour expliquer le phénomène de la dissolution, alors que ces deux éléments (couleur et épaisseur) n'apparaissent plus dans les deux prochains degrés.

La chose intéressante que nous retenons suite à l'observation du tableau récapitulatif, présent au début de ce point, est la suivante : tant chez les 2^e et 5^e primaire que chez les élèves du cycle d'orientation, les deux facteurs prédominants sont le *poids* et la *composition*.

- Le poids

Ce facteur est utilisé de manière identique chez l'ensemble des élèves. Ils expliquent effectivement la dissolution du sel par sa légèreté par rapport au sable. Nous retrouvons donc la même explication dans chacun des degrés par rapport à ce facteur. Précisons tout de même que chez certains élèves, d'autres facteurs ont été ajoutés pour expliquer la dissolution. Nous voulions néanmoins souligner cette même idée en lien avec le poids présente chez ces élèves. L'idée de poids pour expliquer la dissolution a donc persisté au fil des années, et ce malgré l'étude de ce phénomène en 1^{ère} année du cycle d'orientation. Pourtant, faire du poids une variable explicative de la dissolution est une erreur (ces élèves affirment que le sable est *trop lourd* par rapport au sel pour se dissoudre). Or, si nous comparons la masse volumique de ces ingrédients, nous constatons que celle du sel est plus grande : environ 2,17g/cm³ pour le sel et 1,85g/cm³ pour le sable (source : Wikipédia).

- La composition

Il est intéressant de remarquer que certains élèves de 2^e primaire se sont déjà penchés sur la question de la composition du sel et du sable pour expliquer la dissolution. Bien que les élèves se soient, au départ, plutôt intéressés à la composition du sable pour expliquer sa non-dissolution, nous estimons cette préoccupation intéressante. Par la suite, les enfants ont davantage essayé d'expliquer la composition du sel afin de la comparer à celle du sable. Nous remarquons ainsi que la question de la *composition* des ingrédients s'affine au fil des années et devient de plus en plus précise, même si certaines notions en lien avec la dissolution restent floues. Ce constat est également valable par rapport au terme de *dissolution* utilisé par certains enfants de 5^e primaire et par la totalité des élèves du cycle d'orientation.

7. Interprétation des résultats

Suite à l'analyse des résultats, nous pouvons désormais les interpréter en fonction de la théorie développée précédemment dans notre travail. Ce point nous permettra de faire un retour sur les hypothèses de notre travail et de répondre ainsi à nos questions de recherche. Pour ce faire, nous organiserons notre interprétation en fonction des différentes hypothèses découlant de ces questions : comment évolue le concept de *dissolution* chez des élèves âgés entre 5 et 14 ans et comment catégoriser les représentations des élèves ?

7.1. Hypothèse 1

Au fil de la scolarité, les élèves expliquent le phénomène de la dissolution de manière de plus en plus précise en utilisant un vocabulaire adapté ; des représentations erronées n'apparaissent plus dès l'âge de 14 ans.

Comme nous l'avons constaté en analysant les résultats, les représentations des élèves au sujet de la dissolution se sont affinées. Certaines catégories, comme *la manière de brasser* ou la *quantité des ingrédients*, ont disparu au fil des années. Ce mode de pensée correspond à l'*artificialisme enfantin*, car les explications des élèves sous-entendent la notion « fait par » pour donner une ou plusieurs causes de la dissolution (c.f. point 3.1.2, *Développement cognitif et affectif de l'enfant : le développement de sa pensée*). Quant aux élèves de 2^e année du cycle d'orientation, ils utilisent un vocabulaire précis, mais ne semblent toutefois pas aptes à le définir avec précision et exactitude. En lien avec *les niveaux de formulation d'un concept* (point 3.1.1, b), des ruptures épistémologiques sont nécessaires pour permettre d'accéder à une nouvelle compréhension du phénomène de la dissolution. Plus les élèves avancent dans leur scolarité, plus leurs définitions gagnent en précision. Cette faculté est donc en lien avec le développement intellectuel de l'individu, mais aussi avec son niveau de connaissance sur le sujet. En termes d'objectifs, les élèves devraient pouvoir définir la dissolution avec plus d'exactitude en 2^e du cycle d'orientation. La formation d'un concept passe par des étapes d'intégration, caractérisées par ces *paliers* ou *niveaux de formulation*.

Barth (1987) définit la *structure opératoire d'un concept* avec des notions telles qu'*étiquette*, *attributs* et *exemples* (c.f. point 3.1.1, c). Selon cet auteur, un individu apprend un nouveau concept lorsqu'il en distingue les différents *attributs*. Essayons d'interpréter la notion de *dissolution* chez les élèves de l'école primaire en fonction de cette *structure opératoire* :

Le terme *dissolution* semble être parfois l'*étiquette* d'un concept, bien que les attributs qu'ils en donnent ne correspondent pas à ceux des scientifiques. La formulation du concept, comme nous l'avons vu ci-dessus et dans la théorie, varie selon des *niveaux de formulation* (c.f. point 3.1.1 b, *Niveaux de formulation d'un concept*), ce qui explique une certaine vulgarisation de la notion de *dissolution* par les enfants. Nous analysons ci-dessous ce concept en fonction de leur propre définition.

Pour les élèves du degré primaire, les attributs qu'ils citent afin de définir ce terme sont les suivants : présence de l'eau, poids des ingrédients, brasser les verres d'eau, etc. Toutes les explications qu'ils donnent au sujet de la dissolution permettent, selon eux, de définir ce terme.

Finalement, ils donnent également des exemples afin de l'illustrer et font de nombreuses comparaisons dans le but d'exemplifier le phénomène : le sel qui fond sur un bout de viande, le sable que l'on peut voir au fond de la mer, le sucre qui se dilue dans le café, le sel qui laisse son arôme dans la nourriture, etc.

Les représentations au sujet de la dissolution sont déjà présentes chez les élèves de 1^{ère} enfantine (c.f. point 2.3, *Conception : définition et explications*). Avant l'enseignement, les élèves disposent d'un *déjà-là* et ils croient donc connaître l'explication des phénomènes. Ceci démontre combien les enfants ont très rapidement leurs propres idées sur les phénomènes et qu'ils sont capables de se construire leurs propres explications. En fonction de leurs expériences personnelles, ils établissent leur propre *modèle explicatif, cohérent et logique* à leurs yeux (De Vecchi et Giordan, 1994), ce qui explique leur tendance à utiliser des comparaisons pour faire le lien avec leur vécu. Comme l'expliquent De Vecchi et Giordan, les élèves ont tendance à interpréter le monde qui les entoure par *analogies*, en établissant des comparaisons avec leur vécu. Le réel correspond donc à l'idée qu'ils se font

de la réalité, dépendant de leurs propres perceptions et de leurs expériences (c.f. point 1.5, *Le réel et sa perception*).

Pour les élèves de 2^e du cycle d'orientation, nous pensons que leurs connaissances préalables n'ont pas été remises en question. Malgré l'étude du phénomène l'année précédente, leurs conceptions semblent pour eux *plus sûres* et *plus claires*, raison pour laquelle ils y ont recours pour expliquer le phénomène de la dissolution. Ils disposent du vocabulaire en lien avec la dissolution (soluté, mélange homogène, soluble, etc.) mais ne parviennent pas à mettre en lien les différents termes. La construction d'un nouveau savoir nécessite la capacité à mettre en lien les différents éléments, afin d'éviter les *connaissances en îlots*, séparées les unes des autres (De Vecchi et Giordan, 1994). Il s'agit donc d'une *construction*, que l'élève peut établir en rapprochant les notions les unes des autres pour y mettre du sens. Ainsi, ce ne sont pas des *petites idées* qui sont accumulées, mais bien des *grandes idées* qui sont construites par l'apprenant lui-même (c.f. point 3.1.3). Ainsi, ils réutilisent leurs représentations, ce que nous pouvons remarquer par rapport au critère du *poids*, repris par 13 élèves. Or, comme nous le savons, ce facteur n'est pas pertinent pour expliquer la dissolution : nous ne pouvons pas affirmer que le sel se dissout en raison de sa légèreté par rapport au sable, car sa masse volumique est en réalité plus élevée que celle du sable. Ceci laisse penser qu'ils avaient une idée *avant* l'enseignement, et qu'elle a perduré *après* l'apprentissage. Leurs idées préalables ont donc résisté à l'enseignement.

Vérification de l'hypothèse :

Concernant la première partie de notre hypothèse, nous pouvons affirmer que la vision du phénomène est de plus en plus correcte. Les élèves s'intéressent davantage à la composition de la matière et les facteurs externes en lien avec les conditions de l'expérience n'apparaissent plus. Le vocabulaire qu'ils utilisent est correct au niveau de la terminologie, mais souvent incorrect par rapport au sens que les élèves lui attribuent. L'élève 8 (5^e primaire) écrit : « Le sel comme le sucre a fondu (évaporer). » Nous ne pouvons donc pas confirmer cette partie de l'hypothèse, le vocabulaire n'étant pas forcément assimilé par les élèves. Ceci laisse penser à une *accumulation* de savoirs en lieu et place d'une véritable *construction* de concept.

La seconde partie de notre hypothèse doit être infirmée, car comme nous l'avons expliqué précédemment, des représentations erronées ont refait surface chez les élèves de 2^e du cycle d'orientation (à propos du poids). Par exemple, l'élève 5 explique : « Le sel s'est dissout car il est plus léger donc il arrive à se dissoudre... » Certes, leur manière d'expliquer le phénomène se rapproche davantage d'un raisonnement scientifique que les élèves des classes précédentes, mais nous ne pouvons toutefois pas affirmer que leurs représentations n'apparaissent plus.

7.2. Hypothèse 2

Les élèves de 2^e du cycle d'orientation ont intégré la notion de dissolution, étudiée l'année précédente ; quant aux élèves des autres degrés, ils font des raisonnements intuitifs pour expliquer le phénomène.

En analysant les textes des élèves de 2^e du cycle d'orientation, nous avons constaté qu'ils utilisent un vocabulaire en lien avec le thème de la dissolution (soluté, soluble, etc.). Généralement, ces termes sont employés de manière correcte afin de définir certains éléments de l'expérience (c.f. point 5.3, *Compréhension actuelle de la dissolution par les scientifiques*). L'élève 2 écrit : « ... le sel est miscible donc on ne le voit pas mais il est tout simplement dissous ce qui forme un mélange homogène. » Il semble comprendre la signification des mots qu'il utilise pour expliquer le phénomène. L'élève 4 explique : « Le sel s'est dissout car c'est un soluté. Il était dans l'eau qui est un solvant ». Parfois, certains élèves mélangent un peu les termes et ne les utilisent pas correctement. Ceci laisse penser qu'ils ont étudié le vocabulaire approprié, mais ne sont plus parvenus à lier les éléments entre eux pour expliquer cette expérience. Selon Giordan, ceci correspond à une accumulation de connaissances (*petites idées*) qui ne peuvent être mises en lien entre elles pour construire un nouveau savoir (*grandes idées*) (c.f. point 3.1.3, *Développement des petites et grandes idées*). Autrement dit, il s'agit d'*îlots de connaissance*. Les élèves devraient également être capables d'investir leurs connaissances dans de nouveaux contextes. Peut-être n'avaient-ils pas étudié le phénomène de la dissolution en l'analysant selon cette expérience-là, ce qui expliquerait certaines confusions.

Certains de ces *îlots de connaissances* sont correctement expliqués, ce qui est illustré dans les citations suivantes. « Quand on met du sel dans un verre d'eau il se dissout parce que il fond dans l'eau. » (élève1) ; « Le sel s'est séparé en plein de morceau microscopique. » (élève 3) ; « Donc il (*le sel*) disparaît, on ne le voit plus mais il a laissé un arôme... » (élève 12) ; « On ne voit pas le sel car il s'est mélangé avec l'eau, il s'est dissout. » (élève 15) ; « Dissoudre veut dire se mélange à un liquide. » (élève 17). Nous constatons que ces élèves sont capables d'illustrer la dissolution avec des mots concrets et leurs explications sont correctes à ce niveau.

Cependant, certains aspects illustrent un certain décalage avec les définitions scientifiques actuelles sur ce sujet. Par exemple, la solubilité est rarement pensée comme une propriété de certaines matières.

Ceci illustre une nouvelle fois cette caractéristique des connaissances *en îlots*, qui ne peuvent être véritablement reliées entre elles (De Vecchi et Giordan, 1994). Ces élèves expliquent le phénomène en utilisant une sorte de raisonnement scientifique, mais ne font pas réellement le lien entre l'étude de la dissolution de l'année précédente et cette nouvelle expérience. Autrement dit, ils utilisent le vocabulaire étudié dans leurs observations, mais démontrent certaines difficultés à expliquer la dissolution dans son ensemble. Ils ne peuvent dégager les idées principales ; c'est le risque majeur d'un enseignement qui ne prend pas en considération les représentations des élèves (c.f. point 3.2.5, *Oublier les conceptions des apprenants*). Cet aspect peut également être mis en lien avec les *niveaux de formulation d'un concept* (point 3.1.1, b). Effectivement, ils correspondent à des *paliers* que l'apprenant franchit au cours du processus d'apprentissage. Les définitions des concepts deviennent de plus en plus précis, ce qui illustre alors leur construction. (De Vecchi et Giordan, 1994)

Chez 13 élèves de 2^e du cycle d'orientation, le facteur du *poids* est apparu comme variable explicative du phénomène, alors qu'il n'influence pas la dissolution (c.f. point 5.3, *Compréhension actuelle de la dissolution par les scientifiques*). L'une des principales caractéristiques d'une représentation réside dans le fait qu'elle a tendance à perdurer *au-delà* de l'apprentissage, dans le cas où elle n'aurait pas été prise en compte lors de

l'enseignement (c.f. point 2.3, *Conception : définition et explications*). Apparemment, les élèves disposaient de ces idées préalables, raison pour laquelle nous les retrouvons dans leurs explications. Comme le relève Astolfi, leur *modèle explicatif* construit au fil de leurs expériences personnelles est logique et cohérent à leurs yeux. Il est donc beaucoup plus sûr pour eux que les connaissances transmises par l'enseignant dans le cadre de l'école.

Pour les élèves des autres degrés, nous pouvons constater grâce à l'analyse des résultats que leurs idées découlent de raisonnements intuitifs. C'est donc leur intuition première qui a ici émergé. Cette partie de l'hypothèse sera développée dans l'interprétation des résultats selon la troisième hypothèse.

Vérification de l'hypothèse :

La première partie de l'hypothèse doit être infirmée, car le phénomène de la dissolution n'est pas réellement intégré dans son ensemble. Comme nous l'avons expliqué précédemment, les élèves ont acquis certaines notions, mais ne peuvent pas les mettre en lien les unes avec les autres afin d'expliquer le phénomène dans son ensemble.

Quant à la deuxième partie de notre hypothèse, elle peut être affirmée. En effet, les élèves des autres degrés se basent sur leurs expériences personnelles et établissent des comparaisons avec le monde qui les entoure. Ces éléments caractérisent un raisonnement de type intuitif.

7.3. Hypothèse 3

Le modèle de pensée dit animisme enfantin caractérise les élèves d'enfantine mais n'apparaît plus chez ceux des degrés suivants.

En analysant les résultats des enfantines et selon notre interprétation, nous avons pu constater que leur mode de pensée se rapproche souvent de l'*animisme enfantin* (c.f. point 3.1.2, *Développement cognitif et affectif de l'enfant : le développement de sa pensée*). D'après nous, les enfants de ce degré ont tendance à accorder de la vie aux éléments inanimés. Lorsque nous analysons leurs propos, nous trouvons à de nombreuses reprises des verbes qui insinuent que le sel, ou le sable, *choisit* ses actions. Plusieurs fois, nous avons en effet rencontré des verbes, notamment *vouloir*, que les élèves ont utilisés afin d'expliquer la différence entre les deux ingrédients. Selon notre interprétation, les enfants de cet âge semblent réellement croire que le sel et le sable choisissent leurs actions, volonté dont ils sont en réalité dépourvus.

Toutefois, nous avons rencontré d'autres types de pensée, décrits par Hannoun (1973), que nous pourrions généraliser en parlant d'*égocentrisme* (analyse des choses selon son propre point de vue, peine à se distinguer soi-même du monde). Effectivement, il englobe également une autre catégorie de manière de penser, à savoir l'*artificialisme enfantin* (phénomènes provoqués par une volonté externe). Selon nous, un autre mode de pensée découle, lui, du *syncrétisme* (tendance à mélanger les éléments entre eux et peine à déceler l'idée générale) : il s'agit du *réalisme enfantin*.

D'une manière plus générale, nous pouvons affirmer que leurs raisonnements sont de type *intuitif*. Ils expliquent le phénomène selon leur *première idée*, qu'ils tentent ensuite de

consolider à l'aide de comparaisons avec leurs expériences personnelles. Leur perception du réel est donc dépendante de leur vécu, ce pourquoi Astolfi affirme que le réel dépend en fait de la perception que nous en avons. En d'autres termes, il s'agit de *leur* manière d'interpréter la réalité (c.f. point 2.5, *Le réel et sa perception*).

Les résultats confirment donc que ces modes de pensée se retrouvent chez les jeunes enfants. Ils sont capables d'expliquer les phénomènes, mais se basent pour cela sur leurs expériences ou les interprètent selon des manières de penser qui leur sont propres.

A notre étonnement, nous rencontrons également ces modes de pensée chez les élèves plus âgés. En effet, en 2^e primaire, les enfants semblent encore se trouver dans un mode de pensée découlant de l'égoïsme. Nous avons trouvé des explications pouvant être rapprochées du finalisme enfantin (tout phénomène a un but précis) et de *l'animisme enfantin*. Par rapport à ce dernier type, nous tenons à préciser qu'il découle de notre interprétation, par rapport au fait d'utiliser des verbes de volonté. Peut-être n'est-ce qu'uniquement une manière de s'exprimer, sans pour autant qu'ils ne considèrent le sel ou le sable comme étant vivant. Ce point doit donc être nuancé, car il relève de notre propre interprétation. Nous trouvons principalement du *syncrétisme*, les enfants ayant effectivement tendance à mélanger les nombreuses notions. Finalement, nous constatons qu'ils utilisent aussi de nombreuses comparaisons pour rattacher leurs idées à leurs propres expériences.

Pour les élèves de 5^e primaire, nous constatons qu'ils sont généralement *sortis* de cet égoïsme, mais le syncrétisme reste fortement présent. Notons également que les comparaisons sont aussi très nombreuses chez ces élèves.

Concernant les élèves de 2^e du cycle d'orientation, nous avons relevé le fait qu'ils utilisent aussi beaucoup de comparaisons, mais les modes de pensée décrits ci-dessus ne les concernent plus.

Vérification de l'hypothèse :

Concernant la première partie de notre hypothèse, nous devons préciser que l'animisme n'est pas le seul mode de pensée qui caractérise les enfants d'enfantine. Comme expliqué précédemment, d'autres manières de penser sont présentes.

Nous devons cependant infirmer la deuxième partie de l'hypothèse, car nous avons clairement pu constater que ces modes de pensée se retrouvent encore chez les élèves des degrés suivants.

7.4. Liens avec l'enseignement

Pour les enseignants, il est important de ne pas oublier que les élèves n'arrivent pas dans la classe *la tête vide*. Ils disposent en effet de beaucoup d'idées et croient connaître le fonctionnement des choses (c.f. point 2.3, *Conception : définition et explications*). Leurs modèles explicatifs ayant déjà fait leurs preuves à de nombreuses reprises, ils risquent de perdurer après l'enseignement si nous ne les prenons pas en considération. Giordan et De Vecchi (1994) suggèrent de récolter les représentations de ses élèves afin de *faire avec pour aller contre*. Cela signifie donc de les prendre en considération pour amener les élèves à se rendre compte de leur invalidité. En les investissant dans de nouveaux

contextes et de nouvelles situations, les élèves doivent être *choqués* et se rendre compte par eux-mêmes que leurs idées comportent des limites et ne sont plus valables.

En s'intéressant de près aux conceptions des élèves, en les récoltant grâce à des méthodes telles que le dessin ou les discussions, l'enseignant accède aux structures sous-jacentes de ses élèves et peut alors comprendre leur manière de penser et de raisonner (faire un état des lieux, notamment grâce à une *évaluation diagnostique* : c.f. point 2.3, *Conception : définition et explications*). Ainsi, il est possible d'anticiper les obstacles qui pourraient se dresser lors de l'apprentissage.

Lorsque l'enseignant planifie son cours, Giordan conseille de prévoir une entrée, puis d'imaginer plusieurs possibilités pour poursuivre l'enseignement. La piste idéale serait alors choisie en fonction des interrogations des élèves, davantage pris en considération dans l'enseignement. Leur motivation serait plus conséquente (c.f. point 3.2.1, *L'ensemble des possibles de Giordan*).

Un enseignement qui *oublie* les représentations des élèves empêche ces derniers de construire leurs savoirs et de tisser des liens entre les éléments. Des *connaissances en îlots* sans lien ni cohérence entre elles découlent d'un tel enseignement (c.f. point 3.2.5, *Oublier les conceptions des apprenants*).

Pour résumer, la tâche de l'enseignant consiste à s'intéresser aux idées de ses élèves avant de commencer l'enseignement d'un nouveau thème (à l'aide de techniques comme le dessin par exemple) (Giordan et De Vecchi, 1994). En organisant de nouvelles situations, choisies en fonction des représentations des apprenants, il peut alors faire prendre conscience à ses élèves des limites de leurs conceptions pour qu'ils se rendent compte par eux-mêmes de leur invalidité. La base pour le nouvel enseignement est alors plus solide et ces fausses représentations risqueront moins de ressurgir après l'enseignement.

○ **Suggestions pour transformer des conceptions**

Le terme *suggestions* n'a pas été choisi par hasard et reflète ce que beaucoup d'auteurs ont affirmé au sujet de la transformation et de la prise en compte didactique des conceptions des apprenants. Le moyen que choisira l'enseignant pour les transformer peut être tiré des suggestions qui suivront ce paragraphe. Comme le disent De Vecchi et Giordan (1994) dans la préface de leur ouvrage « *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* », la personne enseignante doit s'approprier personnellement la méthode choisie. « Nous pensons qu'il faut fournir ces recettes, mais à la condition que celles-ci soient incluses dans une réflexion qui permettra à chacun, non pas de les appliquer machinalement, mais de se les approprier, c'est-à-dire de les adapter à chaque situation particulière » (De Vecchi et Giordan, 1994, p.9).

Lorsque l'élève est capable de *rectifier* sa conception initiale, nous pouvons dire qu'il a réellement cerné le phénomène. Pour ce faire, la confrontation avec le réel est indispensable. Est-ce cependant évident de faire évoluer ces représentations ? Giordan et De Vecchi distinguent plusieurs attitudes que les enseignants pourraient adopter par rapport aux conceptions de leurs élèves : « Il peut *faire sans* comme 99% des pédagogues, en utilisant les méthodes habituelles. Il peut *faire avec* en permettant leur expression. Il peut *faire contre* en tentant de convaincre les enfants qu'ils se trompent, puis en leur

transmettant le *véritable savoir* (...). Il peut *faire avec pour aller contre*, ce qui n'est pas forcément contradictoire » (op. cit., p.85).

En effet, pour qu'une conception change, il ne suffit pas de la faire émerger. En plus de cela, il n'est pas forcément évident d'éliminer définitivement une représentation. Gaston Bachelard propose la mise en place d'une *pédagogie de la rectification*, qui s'oppose à des techniques visant la destruction de l'esprit non-scientifique. Cependant, donner une réponse ne suffit pas à rectifier une pré-conception. Après avoir comparé différentes méthodes décrites par d'autres auteurs, Giordan et De Vecchi (1994) proposent leur propre méthode consistant à confronter les avis des élèves entre eux après l'émergence des représentations. Leur hypothèse concernant le bon fonctionnement de ce qu'ils proposent est la suivante : « (...) ce sont les techniques s'appuyant plutôt sur l'activité et le vécu des enfants qui semblent les plus efficaces, et non les méthodes qui ont pour seul point de référence le discours du maître » (op. cit., p.86). Fournir aux élèves une nouvelle connaissance, sans leur proposer un questionnement au préalable les empêche de percevoir l'utilité et ils ne peuvent ensuite donner aucun sens à l'apprentissage.

Comme l'expliquent ces deux auteurs, les apprenants rencontrent de nombreux obstacles qui les mènent à faire évoluer leurs conceptions. Voici ci-dessous le tableau élaboré par les deux auteurs afin d'expliquer les raisons qui pourraient obstruer l'évolution des représentations.

Tableau13: Les obstacles à l'évolution des conceptions (op. cit., p.90)

OBSTACLES A L'EVOLUTION DES CONCEPTIONS
<ul style="list-style-type: none"> - L'apprenant manque d'informations. - L'apprenant n'a pas envie de changer de conception : <ul style="list-style-type: none"> ○ le problème abordé ne le motive pas, ○ les questions qu'il se pose ne sont pas celles soulevées par l'enseignant, ○ l'élève ne se pose pas de question car il croit déjà savoir : il pense avoir une explication ou possède des « mots » qui lui donnent l'impression de connaître, ○ il est porteur d'un savoir dont il a pu éprouver l'efficacité dans quelques situations ; il s'en contente, ce qui ne lui permet pas de le dépasser. - L'apprenant n'arrive pas à construire une nouvelle connaissance car il a déjà des idées préconçues qui l'empêchent de percevoir la réalité du phénomène ou d'intégrer une nouvelle information qui vient en contradiction avec la représentation initiale. - L'apprenant est incapable de construire un savoir car il ne possède pas les outils nécessaires à cette intégration (opérations mentales, stratégies à utiliser, connaissances périphériques qu'il faut posséder pour comprendre ce qui est apporté...).

De Vecchi et Giordan (1994) ont résumé en trois points le processus qui permettrait, selon eux, de transformer les conceptions avec efficacité :

Tableau 14: processus de transformation d'une conception (op. cit., p.91)

COMMENT TRANSFORMER PROGRESSIVEMENT UNE CONCEPTION ERRONÉE

Le processus de transformation progressive pourrait être le suivant :

- S'appuyer sur les conceptions des élèves, puisque celles-ci correspondent aux seuls points d'ancrage que nous possédons.
- Les laisser évoluer tant qu'elles permettent de progresser et jusqu'à ce qu'elles « choquent » l'apprenant.
- A ce moment-là, amener les élèves à les remplacer par une autre représentation plus opératoire... et les convaincre que celle-ci peut être plus efficace. Ainsi les fausses conceptions peuvent progressivement s'effacer en faisant place à une vision plus réaliste des faits.

○ **Exemple par rapport au thème de la dissolution**

La séquence sur ce thème pourrait être construite de la manière suivante :

I. Pose du problème

Par exemple grâce à la mise en place d'une expérience, il faut présenter la question aux élèves : *Comment cela se fait-il, que nous ne voyons plus le sel alors que nous pouvons voir le sable au fond du verre ?* L'objectif est d'éveiller leur curiosité, de les motiver et de présenter une sorte de problématique.

II. Récolte des représentations

Afin d'avoir accès à leurs idées, les enfants devraient, par exemple, dessiner ce qu'ils pensent du phénomène puis l'expliquer, ce qui a été fait dans le cadre de notre recherche. Avec des élèves plus âgés (ou en fonction de sa classe), il serait envisageable de leur faire écrire un texte explicatif à illustrer à l'aide de schémas.

III. Analyse des conceptions

En analysant ensuite les productions des élèves, l'enseignant risque de ne pas comprendre certaines explications. Pour cette raison, il est alors possible d'organiser des entretiens avec ces élèves afin d'approfondir leurs idées. Pour l'enseignant, il a ainsi l'occasion de questionner l'élève, ce qui peut l'amener à formuler des idées très intéressantes.

Par la suite, l'enseignant devrait *catégoriser* les différentes représentations pour cerner avec exactitude les pensées sous-jacentes des élèves et créer ainsi des *noyaux* de conceptions majoritaires. Il est en effet plus évident pour l'enseignant de prendre en compte les représentations si elles sont regroupées en fonction de l'idée qu'elles véhiculent. Elles paraissent ainsi moins nombreuses et plus claires pour l'enseignant, ce que nous avons remarqué en faisant notre travail de recherche.

IV. Confrontation des représentations

Afin de permettre aux élèves d'expérimenter par eux-mêmes leurs conceptions, nous avons imaginé prévoir une séquence didactique organisée sous la forme d'ateliers. Ensuite, les enfants devraient avoir la possibilité d'expérimenter par eux-mêmes, sous la forme d'ateliers correspondant aux aspects mentionnés en tant que variable explicative dans les

représentations des élèves. Voici ci-dessous les principaux facteurs retenus avec des propositions de stratégies d'enseignement (sous la forme d'ateliers).

Tableau 15 : Stratégies d'enseignement selon les représentations

Raisonnements de l'élève / Conceptions	Propositions de stratégie(s) d'enseignement
Manière de brasser	Réaliser l'expérience à plusieurs reprises en variant les manières de brasser. Prévoir également une expérience où l'on ne brasse pas les contenus.
Couleur des ingrédients	Utiliser des sels colorés et du sable teint en blanc.
Quantité	Réaliser l'expérience à plusieurs reprises en variant la quantité d'ingrédients.
Ordre dans lequel les ingrédients sont déposés dans l'eau	Tester l'expérience à deux reprises en variant l'ordre dans lequel les ingrédients sont versés dans les verres d'eau.
Taille / Epaisseur des grains	Utilisation d'un autre sel (gros grains), d'un sable plus fin. Réaliser l'expérience à plusieurs reprises en utilisant plusieurs tailles de sable et de sel.
Poids	Permettre aux élèves de peser le sel et le sable, par exemple pour comparer le poids d'un volume égal de chacun des deux ingrédients.
Composition / Matière	Utiliser d'autres ingrédients pour vérifier le phénomène de la dissolution (utilisation de café, sucre, cacao, gravillons...).
Présence d'eau	Tester l'expérience avec d'autres liquides (huile, etc.)

Pour la création des groupes, deux possibilités paraissent envisageables :

a) Groupes composés d'enfants ayant les mêmes représentations

Ici, nous pouvons insister sur la représentation de l'élève lui-même. Cette organisation prend également moins de temps que la suivante, car les élèves n'expérimentent le phénomène qu'en fonction de leur idée préalable. Ils ne circulent donc pas dans les divers ateliers, mais restent dans celui qui leur correspond.

Cependant, il paraît compliqué de faire des groupes de cette manière, car les représentations des élèves véhiculent souvent plusieurs idées (parce que le sel est léger et parce qu'il est fin, par exemple).

Le risque, avec cette méthode, est que de nouvelles représentations erronées apparaissent suite à l'expérimentation. Certes, il serait possible d'organiser de nouveaux ateliers en formant de nouveaux groupes, mais il faudrait alors récolter une nouvelle fois les représentations. Ce procédé semble prendre beaucoup de temps.

b) Groupes composés d'enfants ayant des idées divergentes

Cette seconde possibilité est celle que nous trouvons plus enrichissante et plus profitable pour au plus grand nombre. Chaque élève doit alors expérimenter chaque atelier. Nous avons imaginé l'organisation suivante : un élève est *responsable* d'au moins un atelier (si possible selon sa représentation initiale). Mais tous les enfants doivent participer à chacune

des expériences, afin que toutes les possibilités mentionnées au sein de la classe soient vérifiées. Par la suite, tous les élèves qui avaient la même représentation, par exemple le poids, se réuniraient pour rediscuter leur conception initiale et pour présenter leurs observations.

Avec des élèves plus âgés, le thème de la dissolution sera travaillé sous l'aspect de la composition de la matière, et des termes de vocabulaire précis seront également étudiés. L'objectif est de leur permettre de mettre du sens dans ce phénomène, tout en s'appuyant sur leurs représentations qu'ils auraient alors déconstruites dans le cas de leur invalidation. Grâce à ces expériences, une *perturbation cognitive* aura lieu dans l'esprit de l'élève selon Piaget. Son système mental sera alors bouleversé : les nouvelles expériences viendront se confronter avec ses représentations (c.f. point 2.4.2 , *Le statut de l'erreur ; Piaget*).

V. Retour sur les conceptions initiales : vérification de leur dépassement

Finalement, il est intéressant de faire un retour sur les conceptions initiales des élèves. Ainsi, à la fin du thème, les élèves auraient alors comme tâche de *juger* leurs propres représentations expliquées lors du premier cours. En groupes, ils pourraient également discuter l'ensemble des conceptions de la classe. L'important est que chacun puisse, individuellement, revenir sur ses propres représentations afin d'expliquer en quoi son raisonnement posait problème. Selon Bachelard, un obstacle est effectivement dépassé lorsque la personne est capable d'expliquer ce qu'elle n'avait pas compris au préalable. Ce processus s'appelle de la *métacognition*, lorsque l'on réfléchit sur sa manière de raisonner. Ceci est donc un bon moyen pour l'enseignant de voir si les conceptions ont bel et bien été déconstruites et dépassées.

Dans cette séquence, l'enseignant endosse un rôle caractéristique du courant pédagogique intitulé *constructivisme* (c.f. point 2.2, *Situation de la recherche*). Il est observateur, médiateur et accompagne les élèves dans le processus d'apprentissage. L'élève, lui, est actif et placé au centre de l'enseignement. L'ensemble peut également être mis en lien avec le concept du *modèle allostérique* (c.f point 3.2.6).

8. Conclusion

8.1. Synthèse des résultats

Ce travail de recherche nous a permis de mettre en perspective la partie théorique, réalisée au travers de plusieurs lectures, avec la partie empirique qui s'est déroulée auprès de quatre classes.

Concernant les idées dont disposent les enfants au sujet de la dissolution, nous avons pu remarquer qu'en enfantine déjà, les élèves essaient d'expliquer le phénomène à partir de nombreuses idées : leurs raisonnements sont généralement de type *intuitif*. Comme nous l'avions envisagé, le mode de pensée de type *animiste* est souvent apparu chez ces élèves, bien que de nombreuses autres manières de raisonner aient été rencontrées (par exemple le réalisme enfantin). Ces enfants ainsi que ceux des trois autres degrés, raisonnent souvent par analogie et font donc de nombreuses comparaisons avec leurs expériences personnelles. Ceci leur permet, généralement, de confirmer leurs idées.

Les élèves du cycle d'orientation emploient un vocabulaire en lien avec la dissolution (soluté, mélange hétérogène, soluble, etc.), de plus en plus précis, bien que les notions ne soient pas toujours correctement utilisées. Pourtant, ils ont de nombreuses idées au sujet de ce phénomène, mais peinent parfois à les mettre en lien pour expliquer le concept en lui-même. Cependant, les facteurs évoqués par les adolescents se rapprochent de plus en plus des raisonnements scientifiques actuels. Nous avons remarqué cette tendance également chez les 2^e et 5^e primaire, où nous avons trouvé à plusieurs reprises des raisonnements dits *pré-scientifiques*, par exemple lorsque leur intérêt portait sur la composition de la matière. Nous remarquons donc une véritable évolution au sein des représentations des élèves, bien que certaines fausses conceptions apparaissent encore dans les explications des élèves de 2^e année du cycle d'orientation.

Ainsi, les deux principaux facteurs chez les 2^e et 5^e primaire, comme chez les élèves du cycle d'orientation sont la *matière* et le *poids*. Concernant la matière, les explications gagnent en précision. Mais le facteur du poids semble être une conception erronée qui a perduré au-delà de l'enseignement.

Les catégories de représentations établies pour les degrés de l'école primaire ont relevé les différents modes de pensée et leurs représentations au sujet du sel. Quant aux élèves de 2^e du cycle d'orientation, ils ont été catégorisés principalement par rapport à la définition qu'ils ont donnée de la notion de *dissolution*.

8.2. Conclusion théorique

Nous avons pu expérimenter les aspects abordés dans le cadre théorique. Certaines notions sont ainsi plus claires et concrètes.

Cependant, nous avons tendance à penser que l'ensemble de la théorie sous-estime l'influence extra-scolaire, par exemple celle des parents, dans le cas où les expériences de l'enfant sont partagées dans le cadre familial.

Nous remarquons également que les représentations peuvent être de véritables obstacles difficiles à faire évoluer. Il n'est ainsi pas garanti que tous les élèves d'une même classe aient pu, à la fin de la séquence, faire évoluer leurs représentations pour atteindre le niveau conceptuel souhaité par l'enseignant. Ainsi, si l'objectif n'est pas atteint chez l'ensemble des élèves, de nouvelles méthodes devraient être mises en place pour favoriser l'évolution de toutes les conceptions, ce qui implique alors une importante organisation pour différencier son enseignement et le rendre profitable à chacun. Comment permettre aux élèves n'ayant pas atteint le niveau conceptuel escompté, de rectifier leurs conceptions erronées ? Et les élèves dont les représentations ont évolué, doivent-ils aller plus loin dans l'étude du thème ?

8.3. Conclusion méthodologique

La récolte des représentations s'est effectuée de deux manières : entretiens semi-directifs et sous la forme de textes illustrés par des schémas.

Concernant les textes, ils nous ont permis de relever les principales idées. Cependant, il aurait été intéressant de pouvoir s'entretenir avec l'ensemble des élèves afin d'approfondir leurs raisonnements. Nous sommes conscients que dans une classe composée de 20 élèves, des entretiens individuels prennent beaucoup de temps. Pour cette raison, nous pensons que certains écrits sont assez explicites et ne demandent pas à être approfondis.

A la fin des entretiens et de la rédaction des textes, il aurait été intéressant d'évoquer certains termes scientifiques en lien avec la dissolution (ions, cations, etc.) afin d'observer les réactions des élèves. Ceci nous aurait permis de nous rendre davantage compte du niveau de connaissances des élèves sur le thème. D'autre part, il aurait été possible de juger de l'utilisation de ces termes dans la vie courante, pour mieux cerner leurs représentations. Ces élèves ont-ils déjà été confrontés à ces notions ? Ont-ils déjà abordé le thème de la dissolution sous cet angle ?

Finalement, par rapport à notre méthodologie, il aurait été intéressant de tester une séquence sur ce thème au sein d'une classe, bien que ce phénomène ne soit étudié qu'en 1^{ère} année du cycle d'orientation.

8.4. Conclusion pratique

Notre travail de recherche propose plusieurs pistes par rapport à l'enseignement du phénomène de la dissolution, avec le souci de la prise en compte des représentations des élèves. Ainsi, diverses méthodes de récolte de conceptions ont été présentées dans le cadre théorique, et deux d'entre elles ont pu être expérimentées dans le cadre de notre partie empirique.

Nous avons pu approfondir certaines notions et caractéristiques des représentations, ce qui nous permet de nous rendre davantage compte de leur influence sur les divers apprentissages.

Cependant, nous restons conscients du défi que représente un enseignement visant à faire évoluer des conceptions. L'enseignant doit prendre du temps, s'y intéresser de très près afin de repérer les pensées sous-jacentes pour mieux comprendre le raisonnement de ses élèves. La *construction* de concepts demande beaucoup plus d'investissement qu'une simple *accumulation* de connaissances dépourvues de lien.

8.5. Perspectives et prolongements possibles

Arrivés au terme de ce travail, nous estimons nécessaire d'évoquer quelques pistes supplémentaires. Elles permettraient d'approfondir le thème des représentations ainsi que de transposer cette problématique dans d'autres contextes.

Tout d'abord, la même recherche que nous avons menée au sujet de la dissolution pourrait être réalisée avec d'autres thèmes, certains d'entre eux ayant déjà été étudiés par De Vecchi et Giordan (1994) :

- Fécondation
- Croissance des plantes

- Digestion
- Respiration
- Phases de la lune
- Cycle de l'eau
- Etats de l'eau
- ...

Ces thèmes sont issus des sciences naturelles, mais nous pouvons élargir nos propositions au domaine des sciences humaines (par exemple, sur les différences des genres). Certains thèmes sont délicats et sans doute trop compliqués pour être abordés en enfantine. Cependant, nous pourrions alors faire cette récolte de représentations auprès d'étudiants du secondaire II, voire d'universitaires.

Par rapport à l'échantillonnage, nous pourrions récolter les représentations au sujet de la dissolution auprès d'autres personnes. Il serait intéressant d'interroger de simples passants pour se rendre compte de la compréhension de ce phénomène chez les adultes. Plus en lien avec le métier d'enseignant, mais peut-être plus délicat, récolter les conceptions d'enseignants serait également une possibilité. Ceci permettrait de se rendre compte des représentations qui seraient alors véhiculées dans le cadre d'un enseignement.

Il serait intéressant de récolter les représentations de mêmes élèves au sujet d'un même thème au fil de leur scolarisation et même au-delà afin de nous rendre compte d'une éventuelle évolution. Sur une plus longue durée, nous pourrions ainsi tester l'efficacité d'un enseignement mis en place dans une classe tout en ayant à disposition les représentations des élèves concernés pour un certain laps de temps.

Finalement, afin de nous rendre véritablement compte des avantages d'un enseignement prenant en compte les représentations des élèves, nous pourrions comparer deux styles d'enseignement dans deux classes différentes, afin d'analyser les représentations des élèves avant et après l'enseignement et de comparer les enseignements dispensés.

Arrivés au terme de ce travail de recherche, nous prenons la mesure de tous les apprentissages effectués ainsi que des nombreux prolongements possibles, qui permettrait alors d'approfondir l'intéressante problématique en lien avec les représentations.

9. Références bibliographiques

- ❖ Alte, M. (2006). *Les pédagogies de l'apprentissage*. Paris : Quadrige Puf.
- ❖ Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF.
- ❖ Astolfi, J.-P. (2004). *L'école pour apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF Editeur.
- ❖ Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences, Repères, définitions et bibliographies*. Paris-Bruxelles : De Boeck.
- ❖ Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences, Repères, définitions et bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.
- ❖ Astolfi, J.-P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Que sais-je?
- ❖ Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris: Retz.
- ❖ Barth, B.-M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction : méthodes pour une meilleure réussite de l'école*. Paris : Retz.
- ❖ Boeglin, J.-C. (2002). Traitements de précipitation par voie chimique. [Page Web]. Accès : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eaux-industrielles-42438210/traitements-physico-chimiques-de-la-pollution-soluble-g1271/traitements-de-precipitation-par-voie-chimique-g1271niv10004.html> [6 février 2012].
- ❖ Da Silva, V.A. (2004). *Savoirs quotidiens et Savoirs scientifiques, l'élève entre deux mondes*. Paris : Ed. Economica.
- ❖ De Vecchi, G. & Giordan, A. (1994). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* Nice : Z'éditions.
- ❖ Giordan, A. (1994). De la pédagogie Freinet au modèle d'apprentissage allostérique. In Clanché, P., Debardieux, E. & Testanière, J., *La pédagogie Freinet, mises à jour et perspectives* (1994). Bordeaux (p.107). : Presses universitaires de Bordeaux.
- ❖ Hannoun, H. (1973). *A la conquête du milieu*. Paris: Classique Hachette.
- ❖ Joshua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: Presses universitaires de France.
- ❖ La cristallisation. [Page Web]. Accès : http://cours2physique.com/cours-physique-chimie-terminale-s/cristallisation_chromatographie-couche-mince.html [6 février 2012].
- ❖ Pellaud, F., Eastes R-E. & Giordan, A. (2005). Un modèle pour comprendre l'apprendre : le modèle allostérique. *Gymnasium Helveticum*, janvier. [Page Web].

- Accès : <http://www.ldes.unige.ch/info/membres/fp/articles/2005MAA.pdf> [11 décembre 2012].
- ❖ Physique et chimie au collège : cours gratuits. [Page Web]. Accès : <http://physique-chimie-college.fr/> [6 février 2012].
 - ❖ Quivy, R. & Van Campenhoudt, L. (2006). *Manuel de recherche en sciences sociales*. Paris : Dunod.
 - ❖ Richard, S. (2006). L'analyse de contenu pour la recherche en didactique de la littérature. Le traitement de données quantitatives pour une analyse qualitative : parcours d'une approche mixte. *Recherches qualitatives*, 26(1), 181-207. [Page Web]. Accès : [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/numero26\(1\)/srichard_ch.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/numero26(1)/srichard_ch.pdf) [4 janvier 2012].
 - ❖ Sallaberry, J.-C. (2004). *Dynamique des représentations et construction des concepts scientifiques: perspectives pour la didactique des sciences physiques*. Paris: L'Harmattan.
 - ❖ Tourrette, C. & Guidetti, M. (2008). *Introduction à la psychologie du développement : du bébé à l'adolescent*. Paris : Armand Colin.
 - ❖ Viennau, R. (2005). *Apprentissage et enseignement. Théories et pratiques*. Montréal : Gaëtan Morin.
 - ❖ Wanlin, P. (2007). L'analyse de contenu comme méthode d'analyse qualitative d'entretiens : une comparaison entre les traitements manuels et l'utilisation de logiciels. *Recherches qualitatives, hors série*, 3. [Page Web]. Accès : http://www.recherche-qualitative.qc.ca/hors_serie_v3/Wanlin2.pdf [4 janvier 2012].
 - ❖ Wikipédia : Sable. [Page Web]. Accès : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sable> [6 février 2012].
 - ❖ Wikipédia : Chlorure de sodium. [Page Web]. Accès : http://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure_de_sodium [6 février 2012].
 - ❖ Wikipédia : Précipitation. [Page Web]. Accès : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Précipitation#Chimie> [6 février 2012].
 - ❖ Zimmermann-Asta, M.-L. (1996). *Sur les chemins de l'apprendre*. Genève : CEFRA.

10. Table des annexes

- *Annexe I* : Tableau récapitulatif des données de 1^{ère} enfantine
- *Annexe II* : Tableau récapitulatif des données de 2^e primaire
- *Annexe III* : Tableau récapitulatif des données de 5^e primaire
- *Annexe IV* : Tableau récapitulatif des données de 2^e du cycle d'orientation

Annexe I : 20 élèves de 1^{ère} enfantine

Elève	Mots-clés, idées ressorties, expressions	Remarque(s)
1	- Le sel fait de la poussière, car il n'est pas assez mélangé : pas assez fort et pas assez au fond.	Force pour mélanger
2	- Le sable est au fond et le sel aussi. - Le sel on ne le voit pas car il est blanc et l'eau aussi.	Couleur
3	- Le sable et le sel restent au fond. - Le sel reste en-haut et le sable en-bas. - Parce que ce n'est pas la même chose. - Ce n'est pas la même quantité. - Le sable est différent du sel.	Différence sel/sable
4	- Le sable est au fond et le sel aussi. - Le sel a disparu parce que. - Ne sait pas.	Disparition du sel Parce que
5	- Le sable est au fond et le sel n'est plus là. - Le sel est parti.	Sel est parti.
6	- Le sable est au fond et le sel est là. - Le sel n'est plus là : ne sait pas où il est. - Il est parti dans le sable. - On ne voit plus le sel car il ne se mouille pas dans le sable. - Un peu de sel reste collé au verre. - Le sable est aussi un peu dans l'eau.	Sel dans le sable Sel collé au verre
7	- Le sable est au fond. Le sel aussi. - Il n'y a plus de sel au fond, car il a disparu. C'est mélangé.	Mélange
8	<i>Pas de réponse</i>	-
9	- Le sable est au fond du verre. - Le sel est au fond du verre, visible. - Le sel est parti dans la cuiller. - Il est parti très loin. - Le sel s'est envolé mais le sable voulait rester.	Sel est parti Volonté
10	- Le sable est au fond. - Le sel est aussi au fond, mais seulement un petit peu. - Le sel s'est détruit. - Le sable n'a pas été assez mélangé.	Destruction Importance de l'ordre Mélange Couleur du sel

	<ul style="list-style-type: none"> - Celui qui est mis en premier dans le verre (sel ou sable) se détruit et l'autre pas. - Le sel est plus blanc donc il casse. 	
11	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel n'est plus là parce qu'on le brasse. - Le sable est au fond. - Le sel est partout dans l'eau. 	Mélanger
12	<ul style="list-style-type: none"> - On voit le sable. - C'est blanc là où il y a le sel. - On voit le sable tout au fond. - Le sel est au fond et on le voit un petit peu. - Le sel est dans du blanc. On ne le voit pas car l'eau est blanche. 	Couleur
13	<ul style="list-style-type: none"> - Des bouts de sable volent. - Le sel est en-haut et il vient après en-bas. - On voit le sel. Mais moins bien que le sable. - On ne voit plus le sel car on en a moins mis. - On ne voit pas le sel car il est blanc. 	Quantité Couleur
14	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est au fond mais le sel on ne le voit pas. - Le sel est sur les bords car on l'a mélangé. 	Mélange
15	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est caché et le sable non. - Le sel a fondu dans l'eau. - Le sable ne fond pas. - Comparaison avec la pluie dans son bac à sable. - Maman met du sel dans de l'eau et il fond. 	Le sel est caché. Il a fondu. Comparaisons (bac à sable ; eau dans le sel)
16	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est au fond. - Pour le sel, on ne voit que des petits points blancs ; moins que le sable. - Parce que le sel est parti ailleurs. Il est parti en-haut et on ne le voit plus car il est mélangé. - Parce que le sable c'est comme la plage. - Le sel il peut flotter (ou couler). - On mélange, et le sel disparaît. - Les petits morceaux de sel se cassent en deux et le sable non car il est plus solide. 	Le sel est parti. Mélange Comparaison (plage) Le sel peut flotter ou couler. Le sel disparaît. Les morceaux de sel se cassent en deux. Solidité du sable.
17	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est en bas. - Le sel a disparu, il ne reste que des petits bouts. - Le sable ne disparaît pas car il y a beaucoup de grains. - Il y a moins de grains dans le sel. - Le sel disparu est dans les petits grains restants. - Les grains de sable sont collés. 	Quantité de grains Disparition dans les grains restants. Grains de sable collés.

18	<ul style="list-style-type: none"> - On voit le sable et le sel. - On voit moins bien le sel que le sable. - On a mis plus de sable. - Le sel est blanc donc on ne le voit pas. - Le sel est aussi en-bas mais on le voit moins bien car il est blanc. 	<p>Quantité de sable Couleur</p>
19	<ul style="list-style-type: none"> - On voit un tout petit peu de sel. - On voit beaucoup de sable. - Le sel n'est plus là. - On n'a pas assez mélangé le sable. Et on a trop mélangé le sel. - Le sel et le sable sont différents. Ce n'est pas la même couleur. - On ne voit pas le sel car il est blanc. 	<p>Mélange Couleur</p>
20	<ul style="list-style-type: none"> - On voit que le sable est au fond du verre. - Le sel est aussi au fond, mais il y en a peu. - Différence de quantité de sel et de sable. - On ne voit pas le sel à cause de l'eau. - Le sel est au milieu du verre et le sable est au fond car on l'a mis là. - Il y a beaucoup dans le sel et pas dans le sable. - Le sable est grand alors il va au fond. 	<p>Quantité de sable dans le sable. Présence de l'eau On a mis le sable au fond. Grandeur du sable et non du sel.</p>

Annexe II : 15 élèves de 2^e primaire

Elève	Mots-clés, idées ressorties, expressions	Remarque(s)
1	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable n'est pas assez mélangé. - On ne voit pas le sel car il a disparu. - Le sable est au fond et le sel est parti, dans l'eau, parce que l'eau l'a mélangé. - Le sable non, car c'est quelque chose de la mer. - Le sel fait comme ça parce que c'est quelque chose qui se mange ; on le met dans la salade. - Il y a aussi des cailloux au fond de la mer. 	<p>Mélange Disparition du sel Comparaison avec la mer Comparaison avec la nourriture</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est au fond et le sel on le voit un petit peu. - Le sable reste à sa place. - Le sel se mélange parce qu'il ne peut pas rester en bas. - Comparaison avec la mer au Portugal. - Le sel se mélange dans l'eau parce que sa maman le fait ; le sel s'enlève. - Le sel ne reste pas à sa place quand on le mélange. - Le sel est presque partout. 	<p>Rester ou non à sa place Peut / ne peut pas rester au fond Comparaison avec la mer Comparaison avec la nourriture</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> - On ne voit pas le sel mais le sable oui. - Le sel est avec l'eau. - On a mis trop de sable. - Le sable est plus lourd, donc il reste au fond. 	<p>Quantité Poids</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> - Il n'y a plus de sel mais toujours du sable. - Il y a des petits cailloux dans le sable et pas dans le sel. - Le sel s'est évaporé. Cela veut dire qu'il a disparu. Il est toujours dans le verre, mais en-haut. 	<p>Composition du sable Evaporation (= en haut dans le verre)</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est promené, il remonte. - Le sable reste en-bas. Car il est toujours vers la mer ou vers le lac. Il reste toujours sur le sol. Il ne peut pas bouger. - Le sel se mélange. C'est pour manger, comme dans les soupes. - Quand le sable est mouillé il est lourd. Il reste au fond. - Le sel est plus léger c'est pour ça qu'il reste pas au fond. - Le sel est à la surface de l'eau. 	<p>Comparaison lac et mer Comparaison nourriture Poids</p>
6	<ul style="list-style-type: none"> - On voit le sable mais plus beaucoup le sel. 	<p>Fondre (dans du chaud)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel a fondu, parce que dans l'eau ça fond. - Le sable n'a pas fondu, parce que sinon à la mer on ne le verrait plus. - Le sable est au fond. - Le sel fond dans l'eau chaude. - Hésite entre le fait que le sel est encore dans le verre ou non. - Dans l'eau froide : le sel fond dans la bouche et pas le sable. 	<p>Comparaison avec la mer</p> <p>Expérience du sel dans la bouche (dans du froid)</p>
7	<p><i>Sa sœur a déjà fait l'expérience (élève de 5P) et lui en a parlé.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ma sœur m'a dit : le sable reste au fond et le sel s'évapore. - Le sable est au fond et le sel est évaporé. - Évaporé veut dire que le sel est parti dans l'eau. Il est rentré dans l'eau. - Le sable, c'est des plus grosses graines que le sel. - Le sable est plus épais. - Le sable est plus lourd donc il va au fond. - Le sel est plus léger donc il remonte et il se balade dans le verre. 	<p>Evaporation (dans l'eau)</p> <p>Epaisseur</p> <p>Poids</p>
8	<ul style="list-style-type: none"> - On voit encore le sable et pas le sel. - Le sable est en-bas, le sel est en-haut. - Le sel fait des petites bulles partout. - Le sable est plus lourd que le sel. - Le sel est en-haut, mais il n'est plus dans le verre. Il n'est nulle part. - Il s'est évaporé quand on l'a brassé. Il est parti en fumée. - Le sable ne s'est pas évaporé car il a plus de force. 	<p>Poids</p> <p>Evaporation</p> <p>Force</p>
9	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable s'est empilé mais pas le sel. - Le sel s'est évaporé. Il est parti dans l'eau. - Le sable est plus lourd, donc il s'empile au fond. - On ne voit pas le sel, car il est devenu plus petit quand on l'a mis dans l'eau. - Le sel est devenu invisible. 	<p>Evaporation (dans l'eau)</p> <p>Poids</p> <p>Invisible</p> <p>Plus petit dans l'eau</p>
10	<ul style="list-style-type: none"> - Les grains de sel sont devenus tout petits et ils flottent. - Le sable est resté comme avant, et il est au fond du verre. - Le sel est en-haut dans l'eau. - Les grains de sable sont plus épais donc ils coulent. - Les grains de sel sont tout petits et ils 	<p>Flotter</p> <p>Epaisseur</p> <p>Comparaison sucre et café</p>

	s'éparpillent, comme du sucre dans le café.	
11	<ul style="list-style-type: none"> - On voit le sable car il ne s'évapore pas. - Les grains de sel sont microscopiques. - Le sel s'est évaporé, il est parti dans l'air. Deux ou trois grains restent dans le verre. - Le sable ne fait pas la même chose car c'est des minis pierres. 	Evaporation (dans l'air) Composition du sable et du sel
12	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable reste en bas et le sel monte quand on le brasse. - Le sable c'est des petits cailloux. Et comme à la mer, ça ne flotte pas. - Le sel fond dans l'eau, comme le sucre. - Le sel est au milieu du verre, un peu partout. Il fond moins quand il est au milieu, parce que c'est moins serré que en-haut et en-bas. - Le sable ne fait pas comme le sel, car ce sont des petits cailloux. Quand on lance dans l'eau, les cailloux coulent. - Le sel passe dans du blanc. 	Composition du sable Flotter Comparaison avec la mer Fondre Comparaison avec le sucre Comparaison avec des cailloux lancés dans l'eau Couleur
13	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est en-bas. - Le sel a fondu quand on a tourné. - Il y avait trop de sable, raison pour laquelle ça n'a pas fait comme le sel. - Le sel est plus fin et le sable plus épais. - Quand ça fond, ça reste dans le verre mais ça diminue. - Comme le sel est blanc, on ne le voit pas dans l'eau. 	Fondre Quantité Epaisseur Couleur
14	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel : l'enfant voit de la neige. - Le sable : l'enfant voit une plage. - Le sable est au fond du verre, au milieu. - Le sel a disparu, il a fondu. Il s'est transformé en eau. - Le sable ça vient de la mer, et comme c'est des petits cailloux ça fait rien quand il y a de l'eau. - Le sel, c'est comme des petits glaçons, mais salés. - Le sel est de l'eau. 	Disparition Fondre Transformation en eau Comparaison avec la mer Comparaison avec des glaçons
15	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est dissout mais pas le sable. - Dissoudre signifie que les petits grains se sont cassés. - Le sel est maintenant mélangé avec l'eau. - Le sable est au fond, car il supporte l'eau contrairement au sel. - Car au fond de la mer il y a du sable et pas de 	Dissolution (grains cassés) Mélange dans l'eau Supporter l'eau ou non Comparaison avec la mer Solidité / Fragilité Flotter (dans l'eau)

	<p>sel.</p> <ul style="list-style-type: none">- Le sable est plus solide que le sel.- Le sel est plus fragile que le sable.- Le sel flotte dans l'eau.	
--	--	--

Annexe III : 18 élèves de 5^e primaire

Elève	Mots-clés, idées ressorties	Remarque(s)
1	Le sable est plus lourd que le sel ; donc il coule.	Poids
2	- Le sable est lourd, le sel est plus léger. - Le sel s'est dissout ; il est dans le verre, sous une autre forme.	Poids Dissolution = changement de consistance
3	- Le sel se dilue. - Le sable et le sel n'ont pas la même consistance.	Dilution Différence de consistance entre sel et sable
4	- Le sel reste en-haut et s'évapore. - Le sable : petits cailloux alors il coule.	Evaporation du sel Sable coule parce qu'il est composé de cailloux
5	- Le sel s'évapore, comme dans notre bouche ; le sel est une matière qui s'évapore. - Le sable : fait de coquillages ; ça ne flotte pas. - Comparaison avec la mer : le sable ne flotte pas parce que l'eau rentre à l'intérieur ; le sel, l'eau ne peut pas le traverser ; comparaison avec du sel sur un bout de viande (le sel fond).	Evaporation Comparaison avec le sel dans notre bouche Flotte ou coule Comparaison avec la mer Comparaison sel sur la viande
6	- Le sable est plus lourd que le sel. - Le sel se dilue.	Poids Dilution
7	- Le sel se dissout et non le sable. - Comparaison avec la mer.	Dissolution Comparaison mer
8	- Le sel : fondu, comme le sucre ; évaporation : il est parti. - Le sable : gravillon, plus lourd que l'eau : reste au fond.	Comparaison sel et sucre Evaporation
9	- Le sable est brun ; donc on le voit dans l'eau. - Le sel est blanc ; donc on ne le voit pas et il se dissout.	Couleur Dissolution
10	Le sel a fondu.	(Dissolution), le sel fond
11	- Le sel fond à cause de l'eau ; il n'est plus là (disparu). - Le sable reste au fond, car il est lourd (cailloux).	Fondre Disparition Poids

12	<ul style="list-style-type: none"> - Il y a une chose dans le sel qui s'évapore ; donc le sel ne reste pas au fond ; il n'y a plus rien au fond du verre. - Le sable : petits cailloux, mais lourds, donc ils vont au fond du verre. 	Evaporation Poids
13	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est plus lourd que l'eau : il revient au fond. - Le sel : même poids que l'eau alors il s'éparpille dans l'eau. 	Poids
14	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel se dilue : eau salée, il n'y aura plus de sel. - Le sable reste au fond ; il ne se dilue pas, il est toujours là. 	Dilution
15	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est fin ; il se dissout, disparaît petit à petit. - Le sable est plus épais et il n'arrive pas à se dissoudre : il reste au fond. 	Epaisseur / Minceur Dissolution
16	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable c'est comme des cailloux ; ils coulent. - Le sel s'est dilué ; on ne le voit plus. 	Comparaison cailloux Dilution
17	<ul style="list-style-type: none"> - L'eau de la mer est froide comme celle du robinet : le sable va au fond. - Le sable est lourd, le sel est léger. 	Comparaison mer Poids
18	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel diminue, parce qu'il est moins lourd que le sable. - Le sable reste au fond car il est plus lourd que le sel : il est composé de cailloux. 	Diminution du sel Poids

Annexe IV : 20 élèves de 2^e du cycle d'orientation

Elève	Mots-clés, idées ressorties	Remarque(s)
1	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel se dissout ; il fond (comme une mer salée). - Le sable il ne fond pas ; matière plus lourde que le sel ; petits cailloux, ils ne flottent pas, ils coulent (comme dans la mer, le sable est au fond). - Le sel est très léger, il tombe doucement au fond et se dissout. 	Dissolution Le sel fond Comparaison avec la mer Poids Petits cailloux ; ne flottent pas, coulent
2	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est miscible ; on ne le voit pas ; est dissout : formation d'un mélange homogène. - Le sable est non-miscible : séparé dans l'eau : formation d'un mélange hétérogène. - On peut voir les constituants : le sable ne se dissout pas, car composé de petits cailloux fins (= substance dure pleine de matière). - Le sel est soluble ; on ne le voit pas, mais sa masse est conservée. - Le sable est non-soluble ; on le voit. C'est hétérogène. 	Miscible / Non-miscible Dissolution Mélange homogène/hétérogène Constituants Conservation de la masse
3	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est un solvant ; donc il se dissout ; il s'est séparé en morceaux microscopiques. - Le sable n'est pas un solvant donc il ne se dissout pas ; c'est une matière issue de la pierre, qui ne se dissout pas, mais tombe au fond, car il est plus lourd que l'eau. 	Solvant ou non Dissolution Séparation de la matière Matière Poids du sable
4	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est dissout : c'est un soluté. - L'eau est un solvant. - Le sable est un mélange (cailloux, poussière et autres) ; les cailloux ne peuvent pas se dissoudre ; les cailloux ne sont pas des solutés. - Dans le sel ; il y a de l'eau ; c'est normal que les deux (eau et sel) se mélangent. - Le sable a une plus grande masse, vu qu'il reste au fond. 	Dissolution Soluté Solvant Mélange Composants du sel et du sable Masse
5	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est dissout, car il est plus léger (il arrive à se dissoudre). - Le sable est lourd donc il va se déposer au fond. - Le sel n'est pas compact ; il finit par se séparer, et se dilue. - Le sable est compact en présence d'eau ; donc il 	Poids Dissolution Compact ou non Séparation Molécules Sel invisible

	<p>ne se sépare pas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En mélangeant : le sel se dilue, et le sable devient dur au contact de l'eau (molécules H₂O n'arrivent pas à entrer et le diviser). - Le sable contient une molécule qui l'empêche de se diluer. - Tout ceci rend le sel invisible. 	
6	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel se dissout, car il est léger ; il est miscible à l'eau. - Le sable ne se dissout pas, comme à la plage. - Le sable est lourd ; il y a des petites pierres qui ne peuvent pas se dissoudre. - Le sel est comme une poudre, ça ne tient pas dans l'eau ; le sable est une poudre qui tient dans l'eau : si on fait des constructions avec du sel, ça ne tient pas tandis qu'avec le sable oui (châteaux de sable). 	<p>Poids Dissolution Miscible ou non Comparaison avec la plage Pierres dans le sable Comparaison avec poudre Comparaison avec des constructions (châteaux de sel ou de sable)</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable ne se dissout pas, car il est plus lourd que le sel. - Le sel se dissout car il est plus léger, et parce qu'il est un <i>soludé</i>. - S'il y a trop de sel, l'eau ne pourra pas tout dissoudre. 	<p>Poids Dissolution <i>Soludé</i> Quantité de sel pour être dissout</p>
8	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel se dissout, car il est plus léger que le sable. - Le sable est plus dur. C'est comme du gravier, et ça coule. Et le sable est plus lourd. - Quand le sable est humide il s'entasse. - Le sel se dissout dans tous les liquides. Il s'est dissout parce qu'on l'a brassé 	<p>Dissolution Poids Dureté Comparaison gravier Couler Humidité du sable Dissolution du sel dans tous les liquides Dissout car mélangé</p>
9	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel se dissout dans l'eau parce que c'est comme ça, c'est une matière comme ça. - Le sable ne se dissout pas, car c'est un caillou à la base, qui est parti en miettes avec les années (ce qui donne du sable). Un caillou ne se dissout pas dans l'eau en 30 secondes. Un caillou coule, donc les miettes de cailloux vont aussi couler. Le sable n'a pas fondu. 	<p>Dissolution <i>C'est comme ça !</i> Sable est un cailloux en miettes Temps pour dissoudre Coule Fondre</p>
10	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel on ne le voit plus : il s'est dissout, parce qu'il est dans une substance liquide et il est fin. - Le sable on le voit au fond, car à la mer il y a du sable au fond. Et le sable c'est comme un caillou, il est plus lourd, alors il va au fond. Le caillou, 	<p>Dissolution Substance liquide Sel est fin Comparaison avec la mer Sable = caillou</p>

	avec du temps, devient comme de la poudre.	Poids du sable
11	<ul style="list-style-type: none"> - C'est comme à la mer ! Le sel est évaporé, le sable est au fond. - Le sel cherche à s'évaporer ; le sable veut rester en bas, car il est plus lourd que le sel. - C'est comme dans les plats que l'on mange ! Le sel se dissout à peu près partout. - Le sable ne se dissout pas, car la nature a décidé comme ça. - Possibilité de faire un test : sel et sable dans un même récipient avec de l'eau : après avoir mélangé, le sable sera en bas et le sel sera en train de chercher où aller s'évaporer. - Le sable a des petites pierres, ce qui rend plus lourd. Les pierres, ça ne se dissout pas. - Le sel essaie de se dissoudre dans l'espace qu'il trouve. 	Comparaison avec la mer Evaporation du sel Volonté du sel et du sable Poids Comparaison avec plats Dissolution Décision de la nature Comparaison avec un autre test Composition du sable
12	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est plus léger, il ne reste pas au fond. Il se dissout dans toutes les choses liquides (comme l'eau). Il disparaît, on ne le voit plus mais a laissé un arôme : l'eau a le goût du sel. - On a besoin d'avoir le goût en cuisine, pour les plats, mais on n'a pas besoin des petits grains. - Le sable est plus lourd ; il se dépose au fond ; ne se dissout pas. - A la plage, le sable est toujours au fond, mais pas dans l'eau de la mer. 	Poids Dissolution Liquides Disparition Arôme Besoin du goût en cuisine Comparaison avec la plage
13	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est dissout après avoir brassé. Le solvant est l'eau, le sel est le soluté. Le solvant dissout le soluté. - Le sable n'a pas été dissout. Il est insoluble. Le solvant ne réussit pas à dissoudre le sable. 	Dissolution Solvant Soluté Insoluble
14	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable ne se dissout pas : à la mer, avec les pieds mouillés, le sable reste collé. - On peut faire des châteaux de sable, mais pas de sel. Les grains de sable tiennent superposés. - Pas de conclusion ! 	Comparaison avec mer et pieds mouillés Constructions possibles
15	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est plus lourd que l'eau ; il est retombé au fond plutôt que de se dissoudre. - Le sel s'est dissout parce que l'eau a le même poids que le sel. - L'eau où il y a le sel est plus « foncée », parce qu'il y a le sel (plus blanche). 	Poids Dissolution Couleur de l'eau

16	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est plus lourd, il va descendre. - Le sel est plus léger, alors il va s'évaporer. - Dans une mer : le sable est toujours au fond tandis qu'on ne voit pas le sel. - Le sel se dissout car il est plus léger. - Le sable ne se dissout pas, car il est lourd (il y a des bouts de roche). - Dans un plat : le sel est toujours dissout, on ne le voit pas. Le sable reste dans la casserole, car il ne peut pas se dissoudre (bouts de matière qui ne peuvent pas se dissoudre). 	Poids Evaporation Comparaison avec mer Dissolution Composition sel et sable Comparaison avec plats Matière
17	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est trop lourd pour se dissoudre. Il est plus gros que le sel. - Le sel s'est dissout. - Dissoudre = se mélanger à un liquide (ici, l'eau). - Couleur brun-beige où il y avait le sable. 	Poids Dissolution Grosseur du sable Couleur de l'eau
18	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel est plus léger que le sable ; il se dissout. - Comme dans la cuisine ; du sel dans de l'eau, le goût reste mais on ne voit plus les grains (il y a l'arôme). A la mer : le sable finit toujours par retomber au fond. - Donc : le sel est soluble mais pas le sable. Le sel s'est dissout. 	Poids Dissolution Comparaison cuisine Goût, arôme Comparaison mer Soluble ou non
19	<ul style="list-style-type: none"> - Le sel s'est dissout, car il est plus léger que le sable ; il ne coule pas. - En mélangeant : le sel disparaît ; le sable se rassemble au fond. - Le sel a laissé son goût : eau salée. - En cuisine : arôme mais on ne le voit plus. - Le sel se dissout dans tous les liquides : il est donc soluble. - Le sable ira toujours au fond ; ne disparaîtra pas : est donc insoluble. - A la mer : l'eau est salée, mais le sel est dissout. Le sable est au fond, si on le lâche il retourne au fond. 	Dissolution Poids Couler Disparition Comparaison cuisine Goût, arôme Dissolution dans liquides Soluble / insoluble Comparaison mer
20	<ul style="list-style-type: none"> - Le sable est plus lourd que le sel. Il reste au fond. Le sable devient un peu comme de la pâte avec l'eau, devient très lourd. Quand on mélange, il monte, emporté par l'eau, mais après il revient au fond et y reste. Il est un peu collé au récipient. - Le sel est beaucoup plus léger que le sable. En le mettant dans l'eau il reste léger. A force de mélanger, il finit par se dissoudre. On ne le voit plus. A force de le mélanger, il s'évapore. 	Poids Comme de la pâte Dissolution Evaporation

11. Attestation d'authenticité

Je certifie que ce mémoire constitue un travail original et j'affirme en être l'auteur. Je certifie avoir respecté le code d'éthique et la déontologie de la recherche en le réalisant.

St-Maurice, le 20 février 2012

Gaëlle Cretton