



HAL
open science

Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques : CM1 : les volcans

Maëva Cabanel

► **To cite this version:**

Maëva Cabanel. Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques : CM1 : les volcans. Education. 2016. dumas-01380132

HAL Id: dumas-01380132

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01380132>

Submitted on 12 Oct 2016

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

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

Année universitaire 2015-2016

Master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Premier degré

Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques

CM1

Les volcans

Présenté par Maëva Cabanel

Première partie rédigée en collaboration avec Clémence Robert

Mémoire de M2 encadré par Cécile Bardel

Attestation de non-plagiat

Je soussignée Maëva CABANEL

Auteur du mémoire de master 2 MEEF-PE intitulé « Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques » déclare sur l'honneur que ce mémoire est le fruit d'un travail personnel, que je n'ai ni contrefait, ni falsifié, ni copié tout ou partie de l'œuvre d'autrui afin de la faire passer pour mienne.

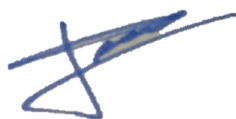
Toutes les sources d'information utilisées et les citations d'auteur ont été mentionnées conformément aux usages en vigueur.

Je suis consciente que le fait de ne pas citer une source ou de ne pas la citer clairement et complètement est constitutif de plagiat, que le plagiat est considéré comme une faute grave au sein de l'Université, pouvant être sévèrement sanctionnée par la loi.

Fait à Bonneville,

Le 15/05/16

Signature de l'étudiante



Autorisation de diffusion électronique d'un mémoire de Master 2 MEEF dans la base DUMAS¹

Autorisation de l'étudiante

Je soussignée Maëva CABANEL auteur et signataire du mémoire de niveau Master 2, intitulé : Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques

, agissant en l'absence de toute contrainte,

autorise

le Service Interétablissement de Documentation de l'Université Grenoble Alpes-Grenoble INP à le diffuser, sans limitation de temps, sur la base DUMAS en texte intégral.

- Je certifie la conformité de la version électronique déposée avec l'exemplaire imprimé remis au jury.
- Je m'engage à signaler les documents pour lesquels je ne détiens pas les droits de reproduction et de représentation ou les autorisations afférentes. Ces documents devront être masqués ou retirés de la version diffusée sur la base DUMAS par les auteurs.
- La présente autorisation de diffusion n'a pas de caractère exclusif. L'auteur conserve par conséquent toutes les possibilités de cession de ses droits et de diffusion concomitante de son mémoire.
- Je renonce à toute rémunération pour la diffusion effectuée dans les conditions précisées ci-dessus.
- Conformément à la loi « informatiques et libertés » du 6 janvier 1978, modifiée en 2004, je pourrai à tout moment modifier cette autorisation de diffusion par simple lettre ou courriel à la BUPE : membupe@univ-grenoble-alpes.fr

Fait à Bonneville

le 15/05/2016

Signature de l'étudiante,

Précédée de la mention « bon pour accord »

Bon pour accord



Sommaire

INTRODUCTION	1
1. ETAT DE L'ART	2
1.1. LES INSTRUCTIONS OFFICIELLES	2
1.2. LE SOCIOCONSTRUCTIVISME	3
1.2.1. <i>Les conceptions initiales</i>	5
1.2.2. <i>Situation problème et obstacle</i>	7
1.3. LA DEMARCHE D'INVESTIGATION	8
1.4. LA MODELISATION.....	12
1.4.1. <i>Les différents modèles</i>	14
1.4.2. <i>Les intérêts de la modélisation</i>	15
1.4.3. <i>Les limites de la modélisation</i>	16
2. PROBLEMATIQUE	17
3. METHODE	18
3.1. PARTICIPANTS	18
3.2. PRESENTATION DE LA SEQUENCE	18
3.2.1. <i>Séance 4 : Le fonctionnement du volcan</i>	20
3.2.2. <i>Séance 6 : Faire fonctionner le volcan : provoquer les deux types d'éruptions</i>	21
3.3. PROCEDURE	23
4. RESULTATS	24
4. 1. RESULTATS DES EVALUATIONS DIAGNOSTIQUES	24
4. 2. RESULTATS DE L'EVALUATION SOMMATIVE.....	25
4. 3. RESULTATS DU RETOUR SUR LA MODELISATION.....	26
4. 4. RESULTATS CONCERNANT L'INTERET PROVOQUE PAR LES MODELISATIONS.....	27
4. DISCUSSIONS	29
5. 1. RECONTEXTUALISATION	29
5. 2. ANALYSE DES RESULTATS ET MISE EN LIEN AVEC LES RECHERCHES ANTERIEURES	29
5. 3. APPORTS SUPPLEMENTAIRES	31
5. 4. LIMITES ET PERSPECTIVES	32
5. 4. 1. <i>Retour sur la recherche menée</i>	32
5. 4. 2. <i>Evaluation de l'impact pour le métier d'enseignant</i>	33
5. 4. 3. <i>Expérience personnelle</i>	33
CONCLUSION	34
BIBLIOGRAPHIE	35
ANNEXES	37

Introduction

« la plus grande partie du savoir scientifique enseigné durant la scolarité serait oubliée au bout de quelques années voire même au bout de quelques semaines... quand parfois il a été réellement acquis » (A. Giordan, G. De Vecchi, 1987)

Ce constat nous amène à repenser l'enseignement des sciences. Les recherches didactiques menées sur le sujet démontrent que l'utilisation de la démarche d'investigation permet d'optimiser l'enseignement. Afin de mener à bien cette démarche il existe différentes activités parmi lesquelles la modélisation. Nous avons décidé de nous intéresser plus particulièrement à celle-ci car elle permet d'aborder des notions complexes relatives à certains phénomènes naturels non observables directement, sur lesquels nous ne pouvons expérimenter, comme le fonctionnement des volcans par exemple qui est au programme à partir du cycle 3. Ayant une classe de CM1, il était prévu que nous abordions la thématique des volcans au cours de l'année, j'ai alors choisi de tester cet outil afin de répondre à une interrogation particulièrement importante pour tous les enseignants souhaitant l'intégrer dans leurs séquences :

Quels sont les intérêts et les limites de la modélisation dans les apprentissages en sciences ?

Dans un premier temps il est nécessaire de définir le cadre théorique s'appuyant sur différentes recherches menées à propos de thèmes en lien avec notre sujet et servant de base à notre étude.

Dans un second temps il vous sera présenté la démarche qui a été adoptée afin de tester les différentes hypothèses émises à partir du cadre théorique.

Enfin, je vous présenterai les résultats de cette étude ainsi qu'une analyse des données recueillies afin de mettre en avant les réponses à ce questionnement.

1. Etat de l'art

1.1. Les instructions officielles

Le décret du 11 juillet 2006 relatif au socle commun de connaissances et de compétences inscrit la culture scientifique (conjointement aux principaux éléments de mathématiques) comme l'un des six domaines regroupant l'ensemble des connaissances et compétences qu'il est indispensable de maîtriser au terme de la scolarité obligatoire. L'objectif des sciences est ici de « comprendre et décrire le monde réel » (p. 3), de permettre aux élèves de faire la distinction entre les faits et les croyances, entre le réel et le semblable. Pour y parvenir, l'observation, le questionnement, la manipulation et l'expérimentation sont essentiels dès l'école primaire. Ainsi, à l'issue de la scolarité obligatoire, tout élève doit avoir une représentation cohérente du monde reposant sur des **connaissances** (« savoir que la planète Terre présente une structure et des phénomènes dynamiques internes et externes » p. 13), des **capacités** (pratiquer une démarche scientifique, manipuler et expérimenter en éprouvant la résistance du réel...) et des **attitudes** (sens de l'observation, curiosité, ouverture d'esprit...). Tous ces savoirs, savoir-faire et savoir-être convergent vers un même but : construire une culture commune pour une réussite professionnelle et sociale future.

Dans cette optique, les programmes d'enseignement de l'école primaire parus au Bulletin Officiel n°3 du 19 juin 2008 offrent une lecture plus explicite des connaissances et des compétences qui doivent être maîtrisées à chacun des paliers du socle commun. Dans le domaine des sciences expérimentales et de la technologie, on retrouve, au cycle des approfondissements, la notion de compréhension et de description du monde réel accessible dans « le cadre d'une démarche d'investigation, qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique » (p. 24). La thématique des volcans s'inscrit dans le sous-domaine « Le ciel et la Terre » en lien avec les séismes et les risques pour les sociétés humaines.

Les propositions de progressions publiées dans le Bulletin officiel n°1 du 5 janvier 2012 proposent d'aborder le sujet des volcans dès le cours élémentaire deuxième année (CE2), à travers, d'une part, la description d'une éruption volcanique terrestre en utilisant un vocabulaire adapté et d'autre part, la distinction entre les différents types d'éruption. S'ajoute ensuite la

notion de risques volcaniques en lien avec la prévention des risques majeurs aux cours moyens première et deuxième année (CM1-CM2).

1.2. Le socioconstructivisme

Depuis le début du XX^e siècle, plusieurs psychologues se sont intéressés à la psychologie des apprentissages. Cette discipline vise à fournir des outils, des concepts et des modèles pouvant aider les enseignants dans la mise en place de situations d'enseignement et d'apprentissage en leur permettant de prendre davantage conscience des manières d'apprendre des élèves. Au fil des années, ces théoriciens de l'apprentissage ont établi plusieurs modèles. Au modèle traditionnel ancien (le modèle transmissif), s'ajoutent, entre autres, les modèles behavioriste, constructiviste, cognitiviste et socioconstructiviste. Le modèle recommandé par les didacticiens aujourd'hui, étant reconnu comme le plus efficace, est le modèle socioconstructiviste.

Le socioconstructivisme est une théorie développée principalement par Vygotsky. Lev Semionovitch Vygotsky, né le 17 novembre 1896 à Orcha, dans l'Empire russe (aujourd'hui en Biélorussie) et mort le 11 juin 1934 à Moscou, est un psychologue connu pour ses recherches en psychologie du développement et sa théorie historico-culturelle du psychisme. Selon lui, toute connaissance est dépendante d'un contexte pédagogique. Il s'inspire donc du modèle constructiviste de Piaget, mais passe d'un schéma binaire (sujet-objet) à un schéma ternaire en y ajoutant l'environnement social. En effet, la construction d'un savoir, bien que personnelle, s'effectue dans un cadre social. Les informations sont en lien avec le milieu social, le contexte culturel et proviennent à la fois de ce que l'on pense et de ce que les autres apportent comme interactions. Vygotsky pose alors le principe de la genèse sociale :

« Dans le développement culturel de l'enfant, toute fonction apparaît deux fois : dans un premier temps au niveau social, et dans un deuxième temps, au niveau individuel ; dans un premier temps entre personnes (inter-psychologie) et dans un deuxième temps à l'intérieur de l'enfant lui-même (intra-psychologie). Ceci peut s'appliquer de la même manière à l'attention volontaire, à la mémoire logique et à la formation de concepts. Toutes les fonctions supérieures trouvent leur origine dans les relations entre les êtres humains. » (Vygotsky, 1978, p 57).

Le socioconstructivisme diffère donc du constructivisme en introduisant une dimension supplémentaire : celle des interactions, des échanges, de la médiation de l'autre et de la co-construction. L'apprentissage est considéré comme le résultat des activités sociocognitives liées aux échanges didactiques entre enseignant – élève et élèves – élèves. Le lien entre les apprentissages et le développement diffère aussi de la théorie constructiviste de Piaget qui pense qu'il est inutile de vouloir enseigner quelque chose à quelqu'un tant qu'il n'est pas mûr pour l'assimiler. Le développement conditionnerait donc les apprentissages. Il a d'ailleurs établi différents stades de développement : sensorimoteur (0 – 2 ans), préopérateur (2 – 7 ans), opératoire concret (7 – 12 ans) et opératoire formel (12 – 16 ans). Vygotsky (1985), au contraire, pense que « l'apprentissage, ne coïncide pas avec le développement, mais active le développement mental de l'enfant en réveillant les processus évolutifs qui ne pourraient être éveillés sans lui. ». Or l'apprentissage n'est plus seulement ce que l'enseignant transmet et les formes de mise en activité des élèves, mais l'apprentissage est aussi la mise en interactivité entre élèves, et entre enseignant et élèves. La communication, les échanges avec l'adulte et les autres camarades sont d'une importance capitale pour le développement intellectuel de l'enfant, c'est à partir de cela que le savoir se construit.

Cependant, pour que les apprentissages aient lieu, il faut prendre en compte la zone proximale de développement. Pour Vygotsky (1985) « l'apprentissage n'est valable que s'il devance le développement. Il suscite alors, fait naître, toute une série de fonctions qui se trouvent au stade de la maturation, qui sont dans la zone de proche développement ». Il définit cette zone comme la distance entre deux niveaux : le niveau de développement actuel, mesuré par la capacité qu'a un enfant de résoudre seul des problèmes, et le niveau de développement potentiel, mesuré par la capacité qu'a l'enfant de résoudre des problèmes lorsqu'il est aidé par un tiers. Cette zone proximale de développement présage de ce que l'enfant sera capable de faire seul par la suite. Elle représente les potentialités de développement que possède chaque enfant.

Doise, Mugny et Perret-Clermont, dans l'ouvrage de Johsua, S et Dupin, J-J (1993) prolongent les travaux de Vygotsky. Ils confirment que les interactions sociales peuvent être une source de développement, mais ajoutent la condition qu'elles suscitent des conflits sociocognitifs. Pour que l'interaction sociale soit constructive, il faut qu'elle introduise une confrontation entre des conceptions divergentes. C'est cette opposition entre les différentes conceptions qui permet de faire naître un conflit sociocognitif. En effet, chaque élève est confronté aux points de vue de ses pairs qui peuvent être différents, un premier déséquilibre

interindividuel apparaît donc au sein du groupe. Chaque élève prend ainsi conscience de sa propre pensée par rapport à celle des autres. Ceci provoque un deuxième déséquilibre de nature intra-individuelle cette fois. La résolution du conflit implique donc une décentration et une reconsidération de son propre point de vue grâce à la communication entre pairs et grâce aux arguments exprimés pour justifier chaque point de vue. C'est cette remise en question de soi-même, de ses propres représentations, qui permet de générer un progrès cognitif. On peut dire que cette pédagogie est centrée sur l'apprenant dans le sens où c'est l'élève qui apprend par l'intermédiaire de ses propres représentations. Les conceptions initiales ne sont alors plus seulement le point de départ de l'activité, mais elles sont directement au cœur du processus d'apprentissage.

1.2.1. Les conceptions initiales

Les conceptions initiales sont les idées qu'ont les élèves sur les savoirs enseignés avant même d'aborder un enseignement. Jean-Pierre Astolfi, Brigitte Peterfalvi et Anne Vérin (1998) se mettent d'accord pour dire que les apprentissages sont en concurrence avec ce que les élèves savent ou croient (leurs représentations, leurs conceptions comme produit de leurs apprentissages spontanés depuis l'enfance via leurs interactions, leurs expériences...). Apprendre consiste ainsi à transformer des représentations préexistantes et résistantes. Il s'agit, pour l'enseignant, de mettre en place des situations destinées à faire prendre conscience aux élèves de l'insuffisance de leurs conceptions, et pour les élèves, de partager, débattre ou construire au sein d'un groupe des savoirs relatifs à un problème à résoudre.

Comme le dit Gaston Bachelard (1938) : « Quel que soit son âge, l'esprit n'est jamais vierge, table rase ou cire sans empreinte ». En effet, grâce à leurs différentes expériences antérieures, grâce à leur vécu, les élèves se font des idées, créent leur propre explication d'un phénomène, leur propre résolution à un problème posé. Selon André Giordan (1996), à l'origine de la création d'une conception il y a un problème. Ce problème est composé de l'ensemble des questions plus ou moins explicites qui sont le « moteur » de l'activité intellectuelle. Ensuite intervient le cadre de référence qui est constitué de l'ensemble des connaissances périphériques activées par le sujet pour formuler sa conception. Il s'agit des autres connaissances déjà maîtrisées sur lesquelles s'appuie l'apprenant pour construire sa nouvelle conception. Puis, grâce aux opérations mentales, il met en relation les éléments du cadre de référence, fait des

inférences, et produit ainsi une conception. Intervient ensuite le réseau sémantique qui permet de donner une cohérence sémantique à l'ensemble en produisant un réseau de significations et donne ainsi un sens bien spécifique à la conception. Et enfin les signifiants (ensemble des signes, traces et symboles) sont nécessaires à la production et à l'explicitation de la conception. Une conception est donc « à la fois la grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité que l'individu a à traiter et sa prison intellectuelle » (Giordan, 1996). Il emploie le terme de prison intellectuelle car c'est à travers ces conceptions, ces idées préconçues, que les élèves essaient de comprendre les propos de l'enseignant ou qu'ils interprètent les situations proposées et les documents fournis. Il dit ainsi que « Ces conceptions ont une certaine stabilité ; l'apprentissage d'une connaissance, l'acquisition d'une démarche de pensée en dépendent complètement. Si l'on n'en tient pas compte, ces conceptions se maintiennent et le savoir proposé glisse généralement à la surface des élèves sans même les imprégner. » (Giordan, 1996). La prise en compte de ces représentations est donc absolument nécessaire au processus d'apprentissage. À partir de la connaissance des idées des élèves et de leurs façons de raisonner, l'enseignant va pouvoir adapter son enseignement pour proposer une pédagogie plus efficace.

Comme on l'a vu précédemment, apprendre n'est pas un processus de transmission, il ne suffit pas de dire les choses pour que les élèves les assimilent. En effet, lorsqu'une erreur correspond à une façon de penser fortement enracinée, comme le sont souvent les conceptions, et non à une simple méconnaissance d'un savoir ponctuel, une explication, aussi claire soit-elle, suffit rarement à régler le problème. Apprendre est avant tout un processus de transformation. Comme le préconise le modèle socioconstructiviste, il faut placer les conceptions initiales au cœur du processus d'apprentissage. Ces conceptions sont souvent erronées, il convient donc de les transformer pour amener l'élève à avoir de nouvelles représentations qui sont justes. Mais pour les élèves, une représentation est juste tant qu'elle n'a pas été contredite par une autre. Elles peuvent donc créer un obstacle à l'établissement de connaissances si celles-ci entrent en contradictions. La solution consisterait donc à « faire avec pour aller contre » (A. Giordan, 1996). Tout d'abord, le travail de groupe consistant à faire opposer les conceptions des élèves et permettant ainsi un conflit sociocognitif est une excellente méthode pour démarrer toute transformation. Par ce travail sur les conceptions, les points de vue peuvent s'enrichir et évoluer. Les élèves se libèrent peu à peu de leur « prison intellectuelle ». Mais ceci n'est pas suffisant, pour réellement transformer les conceptions erronées il faut que les élèves voient leurs erreurs et les reconnaissent. Pour cela on va utiliser des situations-problèmes et la confrontation avec le réel.

1.2.2. Situation-problème et obstacle

La démarche de formation du constructivisme et du socioconstructivisme repose sur la nécessité de faire naître des savoirs à partir de situations-problèmes considérées comme un levier pédagogique pour apprendre. Philippe Meirieu (2004) définit la situation-problème comme étant « une situation didactique dans laquelle, il est imposé à l'apprenant une tâche, un exercice qu'il ne peut mener à bien sans effectuer un apprentissage précis. Cet apprentissage s'effectue en levant l'obstacle à la réalisation de la tâche ». L'obstacle est ici un point de résistance dans l'apprentissage, le « noyau dur » des représentations : ce qui fait résistance aux apprentissages/raisonnements scientifiques (Astolfi & al. 1998). Mais tout obstacle fait naître le désir de le franchir : idée d'objectif-obstacle, de franchissement d'un obstacle comme objectif (pédagogie de projet). Bien choisir cet obstacle est un acte professionnel important : ni trop facile à atteindre ni hors de portée des élèves mais dans la Zone Proximale de Développement définie par Vygotsky (la distance qui sépare les progrès dont est capable un enfant qui travaille seul et ceux que ce même enfant peut accomplir avec l'aide d'un adulte).

En considérant, ici, l'acquisition du savoir comme une oscillation entre l'assimilation et l'accommodation et selon un principe de rupture épistémologique, la démarche de formation piagétienne passe d'abord par un processus d'assimilation puis par un obstacle (un conflit cognitif ou sociocognitif) pour terminer par un processus d'accommodation aboutissant à un moment d'équilibration majorante, c'est le progrès. Le statut de l'erreur change, elle devient utile à la fois dans le constructivisme et dans le socioconstructivisme à la différence des modèles transmissif et béhavioriste. L'erreur est, ici, un outil capital, un matériau à analyser pour trouver pourquoi celui qui ne comprend pas ne pense pas comme nous. Elle est souvent révélatrice de conceptions inadéquates. L'erreur est constitutive de l'apprentissage. Le modèle socioconstructiviste reste cependant le modèle le plus fidèle aux modes de construction individuelle et sociale des savoirs complexes. On remarque une meilleure fixation et transférabilité des apprentissages ainsi qu'une meilleure efficacité du fait de la prise en compte des différences interindividuelles.

C'est dans cette logique de situation-problème et de confrontation avec le réel que la démarche d'investigation entre en jeu dans l'enseignement des sciences.

1.3. La démarche d'investigation

Les instructions officielles ne cessent de demander aux enseignants de recourir à une démarche particulière où l'observation, le questionnement, l'expérimentation et l'argumentation sont de mises selon l'esprit de *La main à la pâte*. Qu'en est-il de cette démarche dite d'investigation ?

La démarche d'investigation permet de travailler en se basant sur le modèle socioconstructiviste qui suppose que la connaissance est une construction. Initiée aux Etats-Unis cette démarche pédagogique a été développée en France grâce à l'intervention de Georges Charpak, prix Nobel de physique en 1992.

Tout a commencé en 1995, lorsque Georges Charpak et ses collaborateurs se sont rendus dans des écoles d'un quartier déshérité de Chicago que Léon Lederman - physicien américain, prix Nobel de physique en 1988 - essayait de sauver en ouvrant les enfants à la science. Au cours de ces visites, ils ont pu constater que l'apprentissage des sciences avait un impact très positif sur ces écoles. D'après G. Charpak, cette expérience d' « alphabétisation scientifique » consistant à consacrer 1h par jour à l'étude des sciences physiques et naturelles a ainsi révélé « la soif d'apprendre, l'émerveillement et la participation passionnée qui sont très inhabituels en ces lieux défavorisés » (Charpak, 1998). En effet, les enfants sont curieux de tout, ont envie d'expérimenter, et n'hésitent pas à multiplier les essais pour parvenir à la découverte d'une nouvelle relation au réel qui les réjouit. Dans le même temps, les données du ministère de l'Éducation nationale annonçaient que cette matière était mise à mal en France aussi où elle avait en grande partie déserté les écoles. C'est ce double constat qui les a incités à proposer au ministre l'expérience *La main à la pâte*. Au départ, c'est une expérience qui est menée par 344 instituteurs volontaires de cinq départements dans le but de « tester quelques idées simples visant à restaurer, à l'école, une science qui soit motif de réflexion individuelle et argument d'expérimentation collective » (Charpak, 1998).

Ces idées sont regroupées dans les 10 principes de *La main à la pâte* :

- 1 - Les enfants observent un objet ou un phénomène du monde réel, proche et sensible, et expérimentent sur lui.
- 2 – Au cours de leurs investigations, les enfants argumentent et raisonnent, mettent en commun et discutent leurs idées et leurs résultats, construisent leurs connaissances, une activité purement manuelle ne suffit pas.

3 – Les activités proposées aux élèves par le maître sont organisées en séquences en vue d’une progression des apprentissages. Elles relèvent des programmes et laissent une large part à l’autonomie des élèves.

4 – Un volume minimal de deux heures par semaine est consacré à un même thème pendant plusieurs semaines. Une continuité des activités et des méthodes pédagogiques est assurée sur l’ensemble de la scolarité.

5 – Les enfants tiennent chacun un cahier d’expériences avec leurs mots à eux.

6 – L’objectif majeur est une appropriation progressive, par les élèves, de concepts scientifiques et de techniques opératoires, accompagnée d’une consolidation de l’expression écrite et orale.

7 – Les familles et/ou le quartier sont sollicités pour le travail réalisé en classe.

8 – Localement, des partenaires scientifiques (universités, grandes écoles) accompagnent le travail de la classe en mettant leurs compétences à disposition.

9 – Localement, les IUFM (désormais ESPE) mettent leur expérience pédagogique et didactique au service de l’enseignant.

10 – L’enseignant peut obtenir auprès du site internet des modules à mettre en œuvre, des idées d’activités, des réponses à ses questions. Il peut aussi participer à un travail coopératif en dialoguant avec des collègues, des formateurs et des scientifiques.

Le concept de *La main à la pâte* donne ainsi beaucoup d’importance à la mise en action des élèves. Il est important que les élèves soient sollicités, qu’ils se questionnent, qu’ils observent, qu’ils cherchent, qu’ils argumentent leurs idées, qu’ils prennent la parole. Ainsi, d’observateurs passifs ils deviennent acteurs. Ils doivent construire eux-mêmes des démarches, des manipulations, des expériences afin d’obtenir des réponses à leurs questions.

Georges Charpak est alors l’initiateur de l’opération *La main à la pâte* en France en 1995 avec le soutien de l’académie des sciences. Par la suite, en 2011, fut créée par décret la fondation de coopération scientifique pour l’éducation à la science dite Fondation *La main à la pâte*, fondée par l’Académie des sciences, l’École normale supérieure de Paris et l’École normale supérieure de Lyon. La principale mission incombant à cette fondation est de « contribuer à améliorer la qualité de l’enseignement de la science et de la technologie à l’école primaire et au collège, école du socle commun où se joue l’égalité des chances » (fondation-lamap.org). En effet, dans *La main à la pâte : les sciences à l’école primaire*, Georges Charpak réfléchit sur la

manière d'aider à « former les enfants à une démarche autonome, un peu comparable à celle des chercheurs. » (Charpak, 1998). Considérant que le raisonnement scientifique offre un puissant moyen d'accroître les capacités de réflexion, d'argumentation et de jugement des enfants, une formation scientifique dès le plus jeune âge serait donc une solution pour permettre l'ascension sociale. Ainsi, annonce-t-il, les sciences de la nature apportent une contribution essentielle au développement de la personnalité, de l'intelligence, de l'esprit critique et du rapport au monde de l'enfant. Or, un constat demeure : Charpak déclare que les sciences de la nature, malgré leur présence dans les programmes, sont absentes dans la plupart des classes. En effet, la modélisation et l'expérimentation, demandent plus de temps qu'un travail sur fiche ou à partir d'un manuel, mais les enfants ont besoin de manipuler à leur rythme pour comprendre et apprendre. Se heurter aux objets et aux phénomènes naturels et techniques, les interroger, les apprivoiser, sentir à la fois qu'ils résistent et qu'ils se prêtent au tâtonnement ou à l'expérimentation, telles sont les interactions qui permettent à l'enfant de construire une pensée logique.

Le démarche d'investigation propose un enseignement des sciences en abordant l'univers naturel et technique par l'observation plus ou moins active d'abord, (suscitant la curiosité et les interrogations des élèves, c'est ce qu'on appelle la situation-problème ou le problème déclencheur motivant); puis par la formulation des représentations premières et l'élaboration des questions ; s'en suivent les différentes activités (modélisation, expérimentation, recours à un expert, recherche documentaire et observation du réel) qui permettent de répondre aux questions et de tester les explications données ; enfin le raisonnement, qui structure ces activités, permet de tirer des conclusions et aboutit à une connaissance objective du monde, vérifiable par chacun. Comme l'annonce Charpak (1998), grâce à la démarche d'investigation, les enfants réalisent les gestes ordinaires du chercheur : collectionner, classer, nommer, concevoir et construire une expérience, observer et rendre compte, réunir et utiliser une documentation, représenter graphiquement ce que l'on a pu voir, fabriquer des modèles réduits, questionner les résultats pour susciter de nouvelles expériences...

Ainsi, Georges Charpak (1998) définit la science comme étant le discours par lequel l'homme décrit les objets et les phénomènes de la nature. Le caractère majeur de ce discours est l'objectivité ; sa charpente est le raisonnement, souvent bâti à partir d'intuitions ou d'hypothèses ; sa justification se fonde sur la vérification expérimentale. La science n'a ainsi

pas d'autre ambition que de proclamer sans les modifier les réponses que la nature apporte. La vérité du discours scientifique émane de la nature.

Jean-Pierre Astolfi, Brigitte Peterfalvi et Anne Vérin (1998) se sont eux aussi penchés sur la question de l'enseignement scientifique. Ces auteurs s'accordent à dire que l'enseignement des sciences est associé à la formation de l'esprit scientifique puisqu'elle propose une initiation à la déduction et au raisonnement logique et demande une certaine inventivité dans la formulation d'hypothèses et de problèmes. Les enseignements scientifiques deviennent ainsi un lieu pour articuler la pratique à la réflexion et à la conceptualisation : « ils constituent un levier précieux pour développer le passage à l'abstraction, les capacités de raisonnement et d'anticipation, favorisant ainsi l'accès à de nouvelles opérations mentales. » (p. 87). Les pratiques d'investigation (et plus particulièrement les pratiques expérimentales) permettent encore une fois d'éprouver concrètement la résistance du réel, le côté aléatoire et complexe du problème. Elles sont un levier potentiel pour la réussite scolaire en prenant les élèves au bon moment pour développer l'abstraction.

Selon ces auteurs, le point de départ de l'enseignement des sciences est la formulation d'un problème déclencheur motivant qui est à ne pas confondre avec de simples questions. Ils distinguent alors les problèmes pragmatiques (liés au quotidien, à la réussite des actions) qui recherchent des conditions maximales pour obtenir un résultat pratique, des problèmes scientifiques (plus théoriques et spéculatifs) qui recherchent des conditions minimales pour assurer une explication. Pour parvenir à la « bonne question » déclarent-ils, il faut s'appuyer sur le premier pour le dépasser et le reformuler scientifiquement.

Par ailleurs, la place de l'écrit revêt un caractère indispensable dans l'apprentissage des sciences à l'école. En effet, Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998) déclarent qu'il n'y a pas de sciences sans écrits « sans réalisation et conservation de traces » (p. 172). Les formes peuvent être variables (texte court, schéma...) mais les traces laissées doivent rendre compte à la fois de l'activité empirique (observation, expérience) et de l'activité intellectuelle (idées, explications, modèles). On remarque alors une exigence spécifique aux sciences obligeant les écrits scientifiques à faire l'objet d'un apprentissage. En effet, le compte rendu plutôt descriptif et explicatif ne possède pas les mêmes critères que le récit quant à lui plutôt narratif. Les sciences apportent ainsi leur contribution à l'enrichissement de la maîtrise de la langue (Astolfi & al. 1998).

Il est important de noter que la démarche d'investigation ne fait pas uniquement appel à l'expérimentation pour traiter les problèmes posés. En effet, l'investigation réalisée par les élèves peut s'appuyer sur diverses méthodes si le recours à l'expérimentation n'est pas envisageable. Ainsi, il est possible de passer par une réalisation matérielle (construction d'un objet, d'un modèle, recherche d'une solution technique), par l'observation directe ou assistée par un instrument, une recherche à partir de documents, une enquête, la réalisation d'une émission de radio, d'un petit film et une visite. (Saltiel, 2007).

1.4. La modélisation

Comme évoqué précédemment, la modélisation est une des méthodes d'investigation réalisable par les élèves. Certains phénomènes naturels qui ne peuvent se prêter à l'expérimentation, peuvent être modélisés afin de permettre aux élèves d'agir, de tester des hypothèses, de faire des essais et d'en observer les résultats. Comme l'annonce Christian Orange (1997) : « Les modèles sont souvent désignés comme des intermédiaires entre un champ empirique et un champ théorique. », ils sont donc une façon efficace de rendre intelligibles des objets géologiques par exemple. Or, selon Corinne Dècle et Danielle Laurent (2005) : « Le plaisir intellectuel qu'apporte la possibilité de pouvoir commencer à expliquer le monde qui nous entoure, pour agir sur lui de façon plus rationnelle et pertinente, est un puissant moteur pour développer l'appétit d'apprendre. », ce qui est un des enjeux principaux des enseignements scientifiques à l'école primaire.

La modélisation, est donc une démarche consistant à :

« élaborer en référence à un réel complexe, une construction mentale nouvelle, « manipulable » en vue d'assurer une fonction explicite. Elle est, en ce sens, une étape incontournable à la fois dans le processus même de construction des connaissances scientifiques et lors de l'utilisation de ces connaissances. [...] le réel est en fait remplacé par une construction mentale, orientée par le point de vue emprunté ou par la question que l'on se pose sur le réel. » (Claudine Larcher dans Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 1998, p. 95-96).

En effet, Astolfi, Peterfalvi et Vérin (1998) annoncent, que la science d'aujourd'hui ne se contente plus d'établir des lois à partir des données empiriques. Elle travaille de plus en plus

à partir de modèles, qui sont des constructions de l'esprit arbitraire, mais qui permettent d'effectuer toutes sortes de calculs sur des objets substitutifs au réel, dès lors que celui-ci s'avère trop complexe ou inaccessible à l'expérimentation directe. La question n'est donc pas de savoir si un modèle est vrai ou faux, mais de mesurer sa fécondité. Néanmoins, l'usage de la modélisation nécessite des capacités d'abstraction encore plus grandes que pour l'expérimentation puisque selon Victor Host, un modèle est une construction de l'esprit qui se substitue à l'objet réel pour l'ensemble des opérations intellectuelles qu'on peut effectuer sur ce dernier (Astolfi, Peterfalvi et Vérin, 1998, p. 97-98). Les modèles deviennent alors des objets de substitution au réel. Astolfi, Peterfalvi et Vérin précisent par ailleurs, que la modélisation ne s'oppose pas à l'expérimentation ni à l'observation. Chaque démarche, disent-ils, s'appuie l'une sur l'autre : « Toute expérimentation peut déboucher sur une question dont la solution nécessitera la construction ou l'usage d'un modèle [...] Inversement, la prévision faite dans le cadre d'un modèle pourra être vérifiée par expérimentation ou observation. » (1998, p. 99). Ainsi, les connaissances scientifiques se construisent parallèlement sur 2 registres : le registre empirique (l'élève résout des problèmes pratiques ou scientifiques) et celui des modèles (l'élève résout des problèmes qui n'ont pas de solution au niveau empirique et qui répondent à des besoins d'explication).

La pratique de la modélisation, ajoutent ces auteurs, s'avère intéressante dès l'école primaire où, sans imaginer transmettre prématurément les modèles de la science actuelle, elle développe de nouveaux rapports à la science et au savoir. Le but de la modélisation à l'école primaire est alors de « faire saisir assez tôt que la science est une construction en partie arbitraire, mais que cet arbitraire développe un fort pouvoir d'explication et de prévision. » (1998, p. 121).

La pratique de la modélisation, l'élaboration d'un modèle scientifique, comporte plusieurs étapes qui rappellent un peu celles de la méthode scientifique classique. Selon Marcel Thouin (2009), la première étape consiste à faire une analyse de la situation, qui fixe et décrit le cadre dans lequel s'effectuera la modélisation. Cette analyse comporte des recherches préliminaires et de la collecte de données. La deuxième étape consiste à poser le problème de façon claire, pertinente et accessible, ce qui n'est pas facile car la tentation est parfois grande de ratisser trop large et de poser des problèmes vastes et irréalistes. La troisième étape consisterait à faire le choix d'un point de vue. Ce choix aura une influence déterminante sur le type de modèle qui sera élaboré ainsi que sur les applications qui pourront en découler. La

quatrième étape consiste à exprimer les hypothèses ou les postulats sur lesquels s'appuiera le modèle. Cette étape permet de définir le champ exact d'application du modèle, la liste des variables dont on tient compte et la valeur donnée à certains paramètres. La cinquième étape consiste à formaliser le modèle. Cette formalisation commence souvent par une phase plus qualitative, qui consiste à poser les variables retenues et les relations entre elles. Il peut arriver que la modélisation s'arrête là, mais elle se poursuit généralement par la construction d'un objet, d'un modèle physique. La sixième étape consiste à raffiner le modèle et à donner des valeurs aux paramètres. Cette étape est souvent facilitée de nos jours par le recours à des programmes informatiques et à des logiciels de simulation. La septième étape consiste à confronter les résultats prévus par le modèle aux données de l'expérience. Plus l'accord est bon, plus le modèle est compatible avec le phénomène étudié. Un désaccord entraîne des modifications des paramètres, parfois des modifications du modèle et, dans certains cas, le rejet total du modèle. Pour qu'un modèle soit considéré comme bon, il faut qu'il possède les mêmes caractéristiques qu'une bonne théorie scientifique, c'est-à-dire la non-contradiction, la complétude, la limitation (ou le confinement des objets), la prédictivité, la fécondité, la vérifiabilité, l'analyticité (ou la présence d'une structure logique) et la simplicité. Il est important pour les scientifiques de savoir reconnaître les situations où un modèle est devenu stérile et ne permet plus de progresser, celles où le modèle commence à générer des contradictions et enfin celles où le modèle présente des manques et des faiblesses qui ne permettent pas de répondre à des questions importantes.

1.4.1. Les différents modèles

Il existe différents types de modèles :

- Le modèle – théorie : c'est une représentation d'un système complexe issue d'une analyse théorique. La construction du modèle théorique permet de formuler un processus selon la théorie.
- Le modèle – représentation : c'est un modèle qui consiste à reconstituer un système naturel complexe, non accessible directement et qui garde une part de cette complexité.
- Le modèle – explication : ce sont des modèles (maquettes, schémas ...) qui partent d'un phénomène complexe et représentent son fonctionnement de manière simplifiée.

À l'école primaire, le processus de modélisation consiste alors à construire un modèle – représentation ou un modèle – explication. Ce qui compte n'est pas la fidélité au réel en soi mais

l'efficacité descriptive ou explicative du modèle. Car en tant que représentation possible d'une fraction du réel, le modèle peut apparaître comme un parmi d'autres possibles, mais en tant que moyen de résolution d'un problème, l'exigence est de trouver un modèle adapté.

Selon l'article paru dans Aster n°7 (1989), la modélisation est une clé d'interprétation. De fait, si l'on considère le modèle comme un produit fini, les modèles que créent les élèves sont encore des ébauches. Mais, si l'on se penche non plus sur le produit fini mais sur le processus même de modélisation, on peut constater que les enfants sont capables d'une réelle prise en compte des phénomènes et d'une interprétation constructive, car dans ces activités de modélisation ils prennent conscience que la construction d'un modèle est bien une activité de l'esprit, mais qu'elle doit suivre certaines règles de cohérence interne et de non-contradiction avec les phénomènes observés. C'est pourquoi on peut dire qu'ils participent à l'une des activités primordiales de la science et qu'ils se préparent à mieux comprendre en quoi elle est un jeu libre de l'esprit tout en étant une soumission à l'expérience, à comprendre aussi en quoi elle n'est pas une réplique exacte du réel. Il faut donc être vigilant, ce processus présente de nombreux intérêts mais aussi certaines limites.

1.4.2. Les intérêts de la modélisation

Il y a différents intérêts principaux de la modélisation à l'école primaire.

Le premier est qu'elle permet d'appréhender simplement des phénomènes complexes. En effet, elle permet de faire abstraction de nombreuses caractéristiques de la réalité qui en complexifient l'explication. Selon N. Chemin : « Le modèle permet de ne sélectionner que quelques propriétés pertinentes du système. » (2004, p. 14). Or, il est souvent nécessaire de simplifier des phénomènes scientifiques afin de les rendre accessibles aux élèves. L'utilisation de la modélisation doit servir à permettre une meilleure compréhension. Selon E. Menager et P. Champsaur (2013, p. 17) : « L'élaboration d'un modèle est motivée par un ensemble de questions auxquelles ce modèle doit contribuer à répondre. L'intérêt de la modélisation réside ainsi dans sa capacité à apporter une réponse satisfaisante aux questions que l'on se pose sur tel phénomène. ».

Le second intérêt est que la modélisation permet de visualiser des phénomènes non observables. Toujours selon E. Menager et P. Champsaur (2013), il y a deux principaux types de phénomènes qui peuvent être rendus observables par la modélisation. Ceux dont la taille du

système nécessite l'élaboration d'un modèle comme l'étude du système solaire et ceux dont le fonctionnement n'est pas accessible comme la digestion. L'impossibilité de réaliser des expérimentations sur le réel contraint à construire des modèles favorisant la simulation d'un phénomène. D'après N. Chemin (2004), puisqu'il permet un changement d'échelle, le modèle rend possible la vérification d'hypothèses, la résolution de problèmes. On peut expérimenter sur le modèle et non sur le réel.

De plus, N. Chemin affirme aussi que : « la modélisation permet de « casser » les représentations erronées des élèves, ce qui est la condition première à l'apprentissage de nouveaux savoirs et c'est un rempart contre la rigidification de la pensée : en effet, le modèle n'est jamais un « produit fini », il est toujours susceptible d'être modifié, amélioré, remplacé lorsqu'on le confronte à de nouvelles observations. » (2004, p. 14). En référence aux travaux de J. Piaget, N. Chemin ajoute que le modèle permet à l'élève de décentrer son point de vue : « il l'aide à sortir de la pensée égocentrique et intuitive qui le caractérise les premières années de l'école élémentaire » (2004, p. 14).

Enfin, raisonner sur un modèle est la première étape vers l'abstraction. « Le modèle prépare l'élève à raisonner sur des pensées, des idées, des images mentales. » (N. Chemin, 2004, p. 15). Il facilite ainsi le passage d'une intelligence opératoire concrète vers une intelligence opératoire formelle.

1.4.3. Les limites de la modélisation

Cependant, il est important de tenir compte des différentes limites liées à la modélisation. Comme nous l'avons dit précédemment, la modélisation permet de simplifier des phénomènes complexes, ce qui est un intérêt, mais de ce fait, les modèles ne rendent compte que de certains aspects de la réalité, et selon Gerard de Vecchi (2006, p 208) : « il s'agit d'un appauvrissement ».

Une des limites est liée au problème de la relation modèle/référent empirique. Comme l'annoncent E. Menager et P. Champsaur (2013), lorsque l'on travaille sur un modèle, pour que celui-ci contribue à l'apprentissage de nouvelles notions, il est essentiel de faire une corrélation permanente avec le réel. Il peut parfois être difficile pour les élèves de transposer un élément matériel du modèle à la réalité. La superposition de la réalité et du modèle peut aussi permettre d'avoir une idée du degré de pertinence du modèle. Il faut toujours analyser les limites du

modèle et définir l'étendue de son champ de validité. Il faut veiller aussi à ne pas confondre la réalité étudiée et la représentation hypothétique de la réalité. Pour cela, il est recommandé de représenter une même réalité par plusieurs modèles.

Une autre limite est liée à la prégnance des conceptions initiales. Les représentations des élèves, sur lesquelles le maître peut s'efforcer de prendre appui, peuvent aussi se présenter comme des obstacles à l'acquisition de nouvelles connaissances. Comme l'indique N. Chemin (2004), si la modélisation est trop éloignée des conceptions initiales de l'élève, elle peut s'avérer inefficace en arrêtant l'évolution de la pensée.

2. Problématique

Les professeurs des écoles sont largement incités à adopter la démarche d'investigation afin de favoriser les apprentissages. Parmi les différentes modalités possibles, nous retrouvons la modélisation. Nous avons alors choisi de nous intéresser plus particulièrement à cet outil qui nous paraît intéressant voire indispensable pour étudier certains phénomènes naturels. Nous nous sommes alors demandés :

Quels sont les intérêts et les limites de la modélisation dans les apprentissages en sciences ?

À partir des recherches théoriques que nous avons menées, j'ai imaginé plusieurs hypothèses :

- 1 - La modélisation permet d'améliorer la compréhension et l'acquisition de certaines notions.
- 2 - La modélisation permet de rejeter les représentations erronées des élèves.
- 3 - La modélisation permet d'amener les élèves vers l'abstraction.
- 4 - Si les conceptions initiales sont trop prégnantes alors elles peuvent résister et subsister même après la modélisation.
- 5 - Des problèmes de mise en relation entre le modèle et le référent empirique peuvent être présents.

3. Méthode

3.1. Participants

Je suis professeur des écoles stagiaire à l'école élémentaire Marianne Cohn d'Annemasse. C'est une grande école située en centre-ville. Elle n'est pas classée REP, cependant les origines sociales des élèves sont diverses. Elle compte au total plus de 500 élèves répartis dans 20 classes. Il y a beaucoup de mouvement concernant les élèves, depuis le début de l'année, j'ai eu 3 nouveaux arrivants et 2 départs. J'ai aujourd'hui une classe de 26 élèves de CM1, mais lors de l'expérimentation je n'en avais que 24 dont 14 garçons et 10 filles. Le niveau scolaire des élèves est très hétérogène tout comme leur niveau d'intérêt envers l'école.

3.2. Présentation de la séquence

La séquence sur laquelle je me suis appuyée pour faire l'analyse des intérêts et des limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques porte sur les volcans. J'ai choisi d'utiliser la modélisation lors de cette séquence car le fonctionnement des volcans fait partie des phénomènes naturels complexes qui ne peuvent se prêter ni à l'expérimentation ni à l'observation directe.

Ma séquence est composée de 7 séances répondant chacune à un objectif différent. Au début de chaque séance, je présentais une question aux élèves. Cette question était le point de départ, la situation-problème que nous allions chercher à résoudre au cours de la séance. Ces questions permettent d'éveiller la curiosité et l'intérêt des élèves et ainsi de les impliquer dans la démarche d'investigation afin qu'ils soient acteurs de leurs apprentissages et non de simples consommateurs passifs du savoir amené par le maître.

La modélisation a été utilisée à deux reprises, lors des séances 4 et 6 qui sont donc celles qui vont donc être détaillées plus précisément. Afin de bien situer ces séances dans la progression de la séquence, je vous présente mon plan de séquence.

Les Volcans – CM1

Séance	Objectif(s)	Question déclenchante	Activité(s) d'investigation	Niveau de formulation
1 – Evaluation diagnostique	Recueillir les représentations des élèves sur les volcans.	Pour vous, qu'est-ce que c'est un volcan ?	Schématisation	Eruption, lave, pierre, fumée, brûlant
2 – Les différentes éruptions volcaniques	Savoir qu'il existe deux catégories d'éruptions : les éruptions effusives et les éruptions explosives.	Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ?	Recherche documentaire (descriptions de volcans effusifs ou explosifs existants)	Volcans effusifs : Volcans rouges, éruptions peu violentes, lave fluide Volcans explosifs : Volcans gris, éruption violente, lave visqueuse, bombe, cendres, nuée ardente
3 – L'anatomie d'un volcan	Connaître les différentes parties qui composent le volcan.	Qu'est-ce qu'il y a dans un volcan ?	Etude documentaire et schématisation	Cône volcanique, cratère, chambre magmatique, magma, coulée de lave, cheminée
4 – Le fonctionnement du volcan	Comprendre que la pression des gaz est le moteur principal d'une éruption volcanique.	Comment la lave fait-elle pour sortir du volcan ?	Modélisation	C'est le gaz contenu dans le magma qui provoque l'éruption.
5 – Construire un volcan	Mobiliser ses connaissances pour réaliser le schéma de la maquette d'un volcan.	Comment fabriquer une maquette de volcan ?	Schématisation et modélisation	Le schéma (utiliser le crayon de papier; dessin clair et légendé ; traits faits à la règle ; dessiner ce qui est caché)
6 – Faire fonctionner le volcan : provoquer les deux types d'éruption	Savoir que ce sont les caractéristiques du magma qui déterminent le type d'éruption.	Qu'est-ce qui fait qu'une éruption est effusive ou explosive ?	Modélisation	Description de ce qu'il se passe avec les éléments du vocabulaire appris.
7 – Evaluation sommative	Approfondir ses connaissances et tester le niveau d'acquisition des élèves.		Utilisation de l'informatique	Rappel de tout ce qui a été vu au cours de la séquence.

3.2.1. Séance 4 : Le fonctionnement du volcan

L'objectif principal de cette séance était que les élèves comprennent que la pression des gaz est le moteur principal d'une éruption volcanique. Pour introduire cette séance, nous avons posé la question suivante aux élèves : « A votre avis, comment la lave fait-elle pour sortir du volcan ? ». Les élèves ont recopié cette question sur leur « fiche de chercheur » (cf. annexe 1) dans la partie « Ce que nous cherchons », puis ils ont exprimé leurs hypothèses dans la partie « Ce que je pense ». Ensuite nous avons fait une mise en commun, les élèves pouvaient exprimer leurs différentes idées sur la question. Cette étape a permis de faire émerger les conceptions initiales des élèves et d'engager un débat. Grâce au débat, nous en sommes arrivés à penser que les gaz avaient peut-être un rôle dans l'éruption volcanique. Pour vérifier cette hypothèse nous avons donc choisi de faire une modélisation. Les élèves, par groupes de quatre, ont alors cherché des solutions pour créer une modélisation pouvant mettre en évidence le rôle des gaz. Après quelques minutes de réflexion, chaque groupe a proposé son projet. Nous avons d'abord écarté les propositions qui ne correspondaient pas, soit parce qu'elles ne permettaient pas de tester l'hypothèse, soit parce qu'elles n'étaient pas matériellement réalisables. Un des groupes a proposé de se servir d'une bouteille d'eau gazeuse ou de soda, car celles-ci contiennent du gaz. Nous avons donc opté pour cette option.

Nous avons à disposition six bouteilles d'eau gazeuse et six bouteilles d'eau plate, ainsi chaque groupe pouvait réaliser la modélisation et tester l'hypothèse. Afin que la modélisation prenne tout son sens, il est essentiel de faire le lien entre les objets que l'on utilise et ce qu'ils représentent par rapport à la réalité. Nous avons donc explicité ceci : « La bouteille représente la chambre magmatique, le goulot de la bouteille représente la cheminée du volcan et l'eau représente le magma. L'eau plate représente un magma qui ne contiendrait pas de gaz, l'eau gazeuse représente un magma qui en contiendrait. ». Les élèves ont agité chacune des bouteilles puis ont observé le résultat. Le dégagement gazeux provoqué par l'agitation pressurise la bouteille contenant de l'eau gazeuse, lorsque les élèves retirent le bouchon, l'eau remonte dans le goulot et est expulsée à l'extérieur. On a utilisé la même procédure avec la bouteille d'eau plate, mais on s'est aperçu que lorsqu'on a ouvert le bouchon, cette fois, il ne s'est rien passé, l'eau est restée au même niveau. Les élèves ont alors conclu que c'est bien le gaz qui « fait sortir » le magma du volcan.

Ils ont ensuite complété la partie « comment je cherche » en décrivant la modélisation qu'ils ont réalisée, dans l'espace dédié en dessous, ils ont schématisé la modélisation et dans la

partie « ce que j'observe » ils ont noté leurs observations et leur conclusion. Afin de compléter la partie « ce qu'il faut retenir », nous avons élaboré collectivement la conclusion suivante « Le magma arrive à la surface grâce à des gaz. Ces gaz sont rejetés, des roches fondues sont projetées en l'air, de la lave s'écoule et se transforme en roche volcanique en se refroidissant. Les trous que l'on peut observer dans les pierres volcaniques révèlent la présence des gaz ».

3.2.2. Séance 6 : Faire fonctionner le volcan : provoquer les deux types d'éruptions

L'objectif principal de cette séance était que les élèves comprennent que ce sont les caractéristiques chimiques du magma qui déterminent le type d'éruption. Nous avons vu au cours de la deuxième séance qu'il existait deux types d'éruptions différentes, nous avons alors décidé de partir de la question suivante : « Qu'est-ce qui fait qu'une éruption est effusive ou explosive ? ». Comme pour la séance 4, les élèves ont recopié cette question sur leur « fiche de chercheur » dans la partie « Ce que nous cherchons » et ont exprimé leurs hypothèses dans la partie « Ce que je pense ». Puis, nous avons fait une mise en commun afin d'entendre toutes les hypothèses des élèves et d'en débattre. Pour résoudre cette situation-problème nous avons eu recours à nouveau à la modélisation.

Lors de la séance 5 les élèves s'étaient penchés sur la question « Comment fabriquer la maquette d'un volcan ? ». Chaque groupe avait donc réfléchi aux différents matériaux que l'on pouvait utiliser pour représenter les différentes parties du volcan (le cône et la cheminée). Parmi les propositions, nous avons choisi celle qui consistait à construire les volcans en pâte à sel car cette matière permet de construire des volcans solides et résistants (contrairement au papier par exemple) et ces matériaux (la farine et le sel) sont accessibles (on les trouve facilement et leur prix n'est pas élevé). De plus, de manière générale, c'est une matière que les élèves connaissent et aiment manipuler. La pâte à sel sert donc à représenter le cône volcanique et nous avons choisi de creuser un trou au centre pour représenter la cheminée principale du volcan. Nous avons pensé à utiliser une bouteille pour représenter la cheminée mais cela entraînait d'autres contraintes matérielles, la forme du volcan aurait été quasiment identique pour toutes les productions et la quantité de produit nécessaire pour représenter le magma lors de la séance suivante aurait été beaucoup plus importante. Pour des raisons pratiques nous n'avons pas pu

représenter la chambre magmatique qui se trouve sous le volcan. Une planche en bois servait de support aux volcans.



Les maquettes réalisées lors de la séance 5 nous ont donc servi pour faire la modélisation de la séance 6. Après la mise en commun nous sommes alors passés à l'étape de la modélisation afin de vérifier les hypothèses qui avaient été retenues. Chaque groupe d'élève a récupéré sa maquette et avait à disposition le matériel permettant de réaliser la modélisation. Le matériel nécessaire pour représenter le magma était un mélange d'eau, de produit vaisselle, de colorant rouge, de bicarbonate de soude et de vinaigre. Le produit vaisselle sert à représenter la viscosité du magma, le colorant rouge permet de donner une couleur au mélange semblable à celle du magma, et le bicarbonate de soude mélangé au vinaigre permet de créer une réaction chimique qui dégage des gaz. Ils disposaient aussi d'un protocole à suivre. Il y avait deux protocoles possibles, le premier permettait de modéliser une éruption effusive et le second une éruption explosive. Chaque groupe a réalisé la modélisation tour à tour, devant les autres élèves de la classe, afin que chaque élève puisse observer les résultats des différentes modélisations et constater les différences suivant les protocoles utilisés. Après cela, les élèves se sont exprimés sur ce qu'ils ont pu observer. Une discussion collective s'est engagée et a permis de conclure que la nature du mélange chimique utilisé a un impact sur le type d'éruption représenté. En effet, si la quantité de gaz est importante (beaucoup de bicarbonate mélangé au vinaigre), et que le mélange est très visqueux (beaucoup de liquide vaisselle), l'éruption représentée sera de type explosif. Au contraire, si la quantité de gaz est plutôt faible et que le mélange est peu visqueux, alors l'éruption représentée sera de type effusif. On en a déduit par analogie que si le magma est riche en gaz et visqueux alors l'éruption sera explosive, par contre s'il contient peu de gaz et qu'il n'est pas vraiment visqueux, alors l'éruption sera effusive.

Les élèves ont ensuite complété la partie « Comment je cherche » en décrivant la modélisation qu'ils ont réalisée et en la représentant schématiquement. Puis ils ont complété la partie « ce que j'observe » individuellement. Enfin, nous avons élaboré une conclusion de manière collective pour compléter la partie « ce qu'il faut retenir » : « C'est la nature chimique du magma qui détermine le type d'éruption. ».

3.3. Procédure

Pour répondre à ma problématique, j'ai utilisé différents outils afin de mesurer l'impact des modélisations que l'on a réalisées en classe. Tout d'abord, j'ai réalisé des évaluations diagnostiques afin de recueillir les représentations initiales des élèves. Lors de la première séance j'ai demandé aux élèves de dessiner la coupe d'un volcan et de légènder chaque élément qui apparaissait sur leur dessin. Puis, ils devaient compléter la phrase suivante : « Une éruption volcanique c'est : ... ». Cette première évaluation m'a permis de voir le niveau de connaissance global des élèves à propos des volcans. Ensuite, au début de chaque séance, je recueillais les conceptions initiales des élèves par rapport à la question du jour grâce à la partie « ce que je pense » de la fiche de chercheur et grâce à la mise en commun faite à partir des réponses proposées. À la fin de la séquence, j'ai réalisé une évaluation sommative dans laquelle les élèves devaient remobiliser toutes les connaissances acquises lors des différentes séances. Ils devaient légènder un schéma de volcan, retrouver le type d'éruption décrit dans deux articles à partir des indications présentes dans les textes et répondre à deux questions portant sur les connaissances qui étaient à acquérir à l'aide des modélisations. À partir des évaluations diagnostiques et de l'évaluation sommative (annexe 2) j'ai donc pu analyser les progrès des élèves et plus particulièrement évaluer l'impact qu'ont eu les modélisations au niveau des apprentissages.

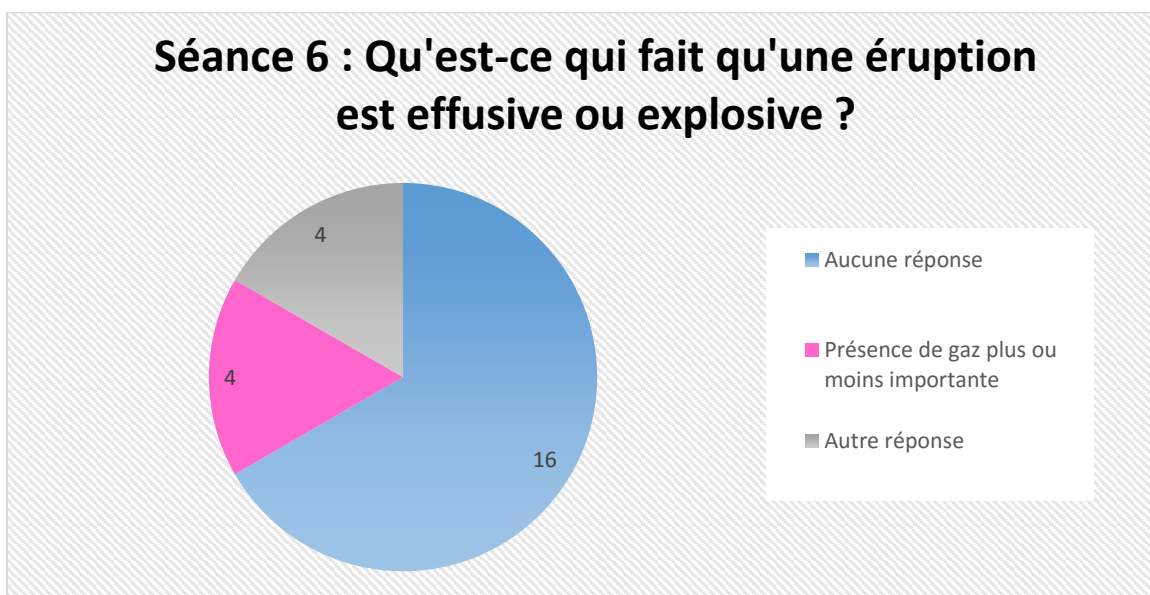
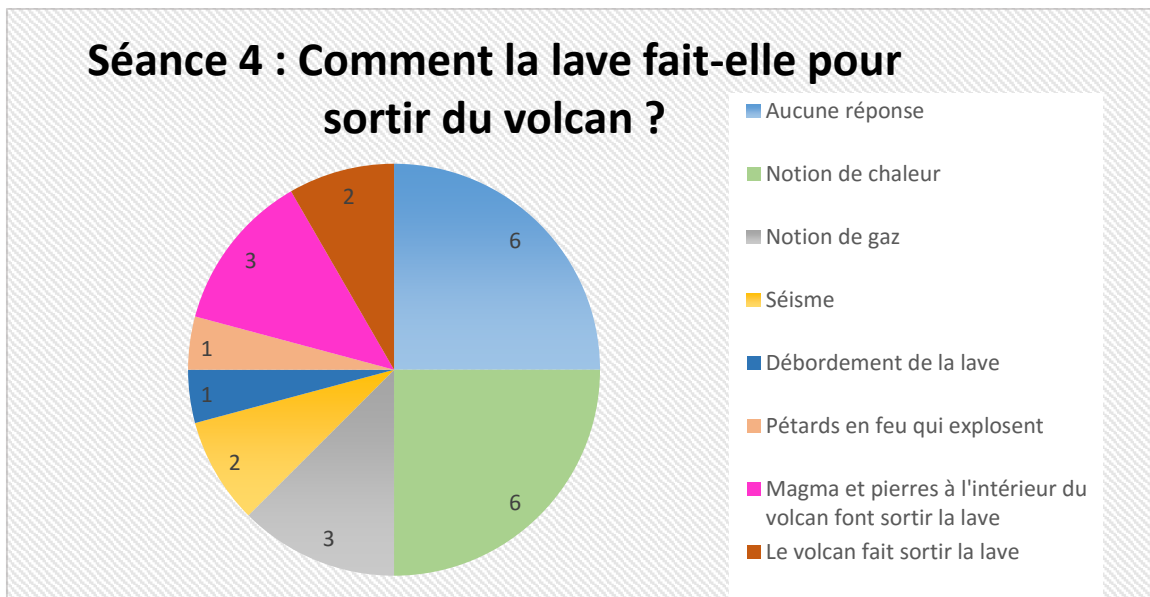
J'ai ensuite décidé de refaire un test deux mois plus tard. J'ai distribué aux élèves un schéma de la deuxième modélisation que l'on avait réalisée (annexe 3) et je leur ai demandé d'écrire à quoi correspondaient les différents éléments par rapport à la réalité. Le but était de voir si les élèves avaient bien compris l'abstraction (savoir que la pâte à sel servait à représenter le cône volcanique, que le trou que l'on avait fait représentait la cheminée principale, que le rebord représentait le cratère du volcan et enfin que le mélange chimique représentait le magma).

Pour finir, j'ai distribué un questionnaire aux élèves portant sur leurs préférences personnelles (annexe 4). Mon but était de voir si la modélisation avait créé un intérêt particulier pour les sciences par rapport aux autres méthodes utilisées. Ils devaient donc dire ce qu'ils ont préféré en sciences depuis le début de l'année, ce qu'ils ont préféré lorsque l'on a travaillé sur les volcans et s'ils comprennent mieux, de manière générale, lorsqu'ils « voient » (photos, vidéos ...), lorsqu'ils lisent (textes, articles ...) ou lorsqu'ils manipulent (expériences, maquettes, modélisations ...). Il leur était demandé de justifier chaque réponse. J'ai fait le choix de poser des questions ouvertes afin d'obtenir des réponses plus spontanées.

4. Résultats

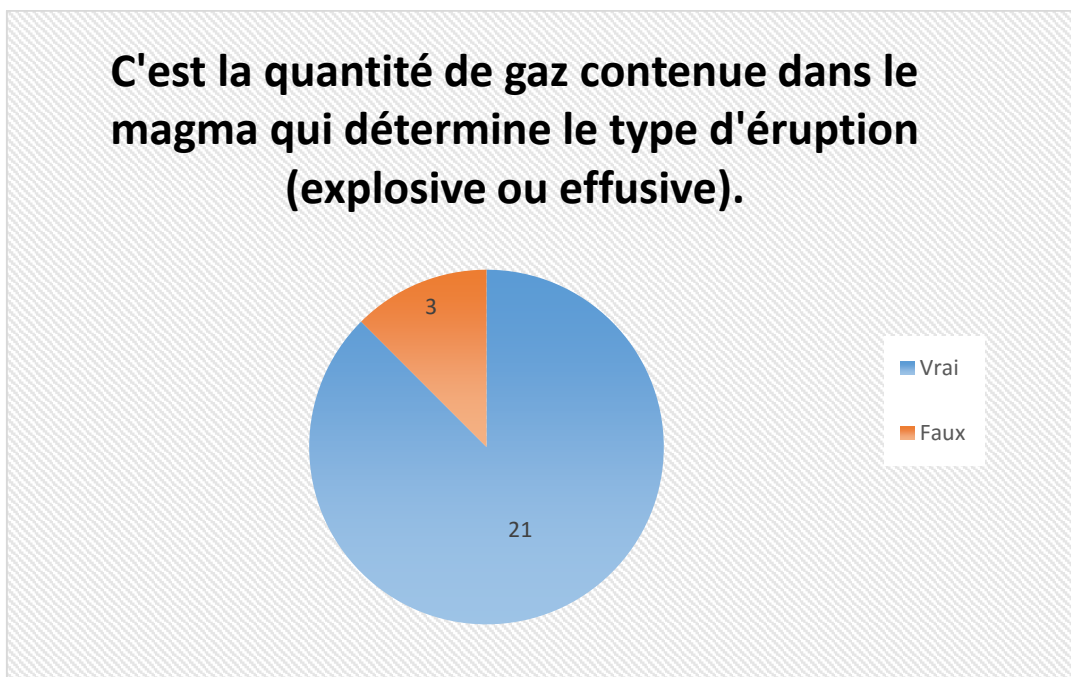
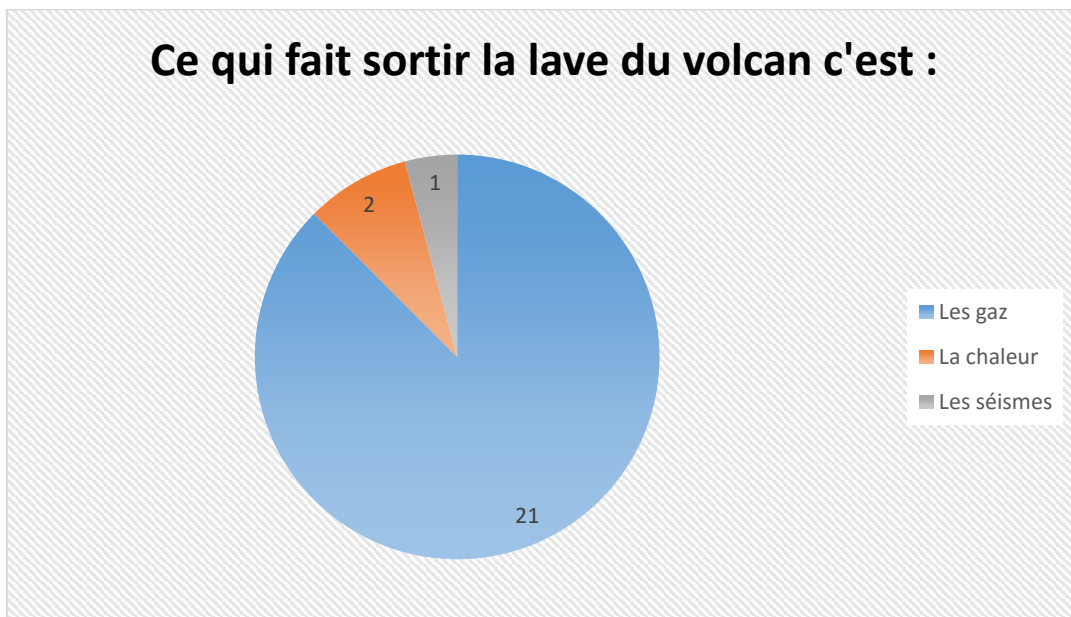
4. 1. Résultats des évaluations diagnostiques

Ces graphiques présentent les réponses obtenues aux « questions du jour » des séances 4 et 6. Ils nous permettent de visualiser les différentes conceptions initiales des élèves à propos de ces sujets. On remarque que lors de la séance 4, seulement 6 élèves n'avaient aucune hypothèse à propos de la question, alors que lors de la séance 6, 16 élèves n'avaient pas d'hypothèses par rapport à la question posée. On constate cependant que certains élèves (3 ou 4) avaient des conceptions initiales correctes.



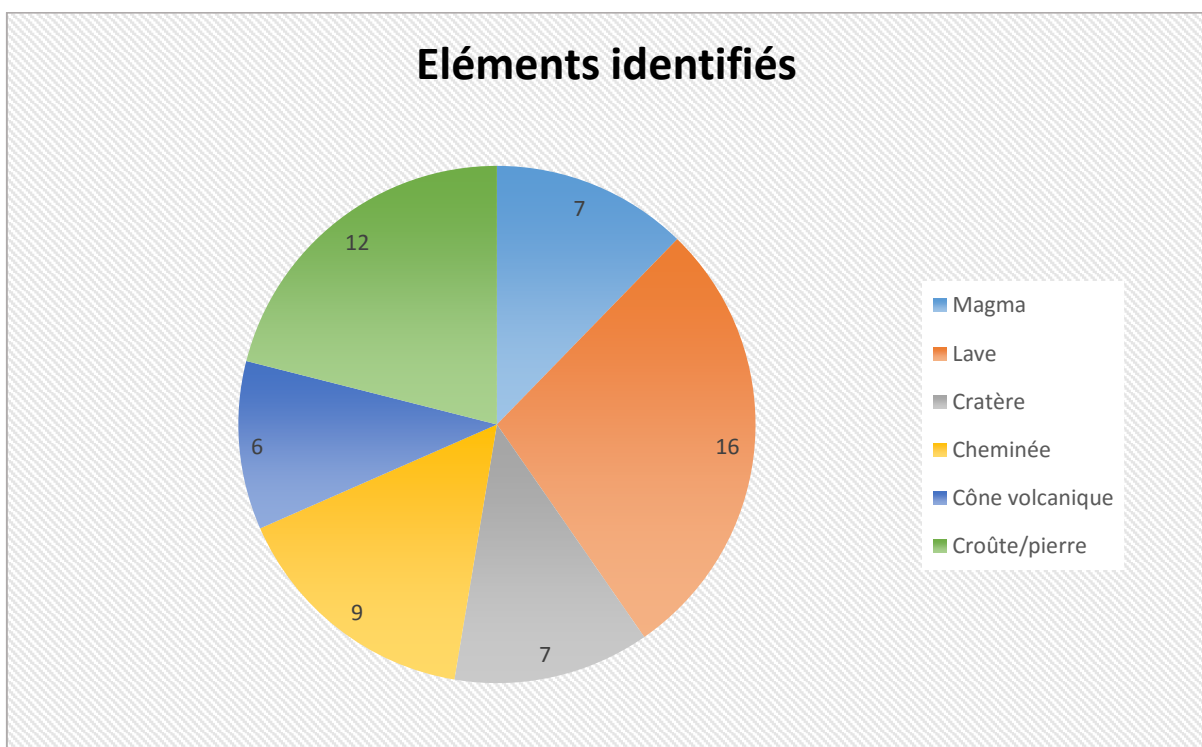
4. 2. Résultats de l'évaluation sommative

Ces graphiques présentent les réponses obtenues lors de l'évaluation sommative aux deux questions concernant les connaissances qui étaient à acquérir à l'aide des modélisations. La première question fait référence aux connaissances visées lors de la séance 4. Il s'agit d'un QCM avec trois réponses différentes possibles. La seconde question fait référence aux connaissances visées lors de la séance 6. Il s'agit d'un vrai/faux. On constate que pour chacune de ces questions, 21 élèves, soit 87 % de la classe, ont répondu correctement.



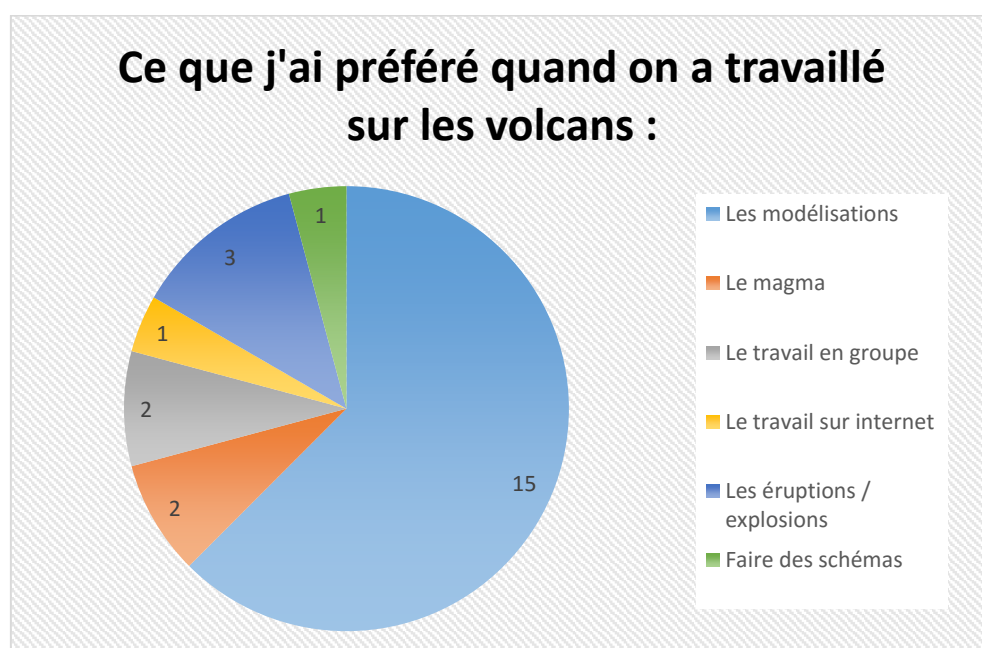
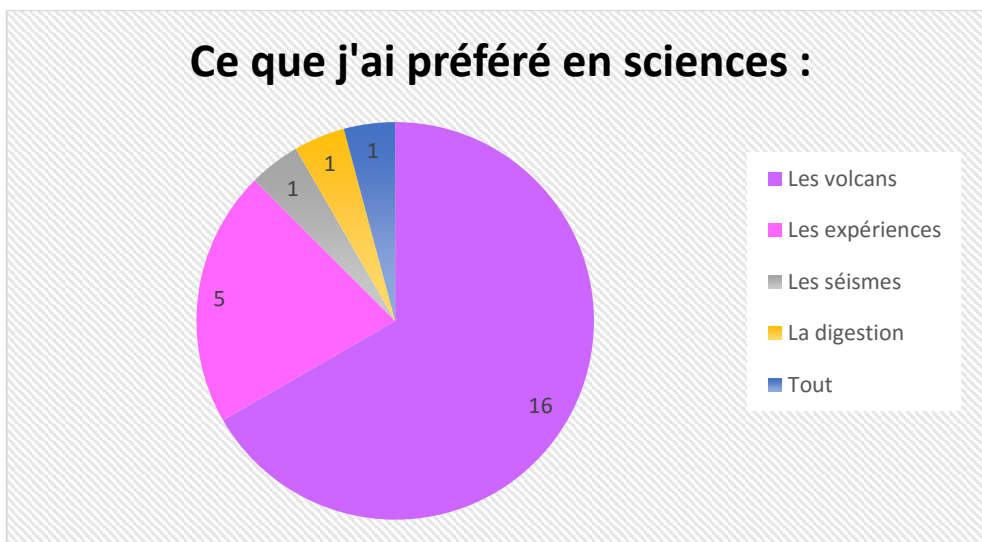
4. 3. Résultats du retour sur la modélisation

Ce graphique présente les résultats obtenus au test qui avait été effectué deux mois après la fin de la séquence. J'ai réalisé ce test pour évaluer les éventuelles limites de la modélisation. En effet, nous avons vu dans la partie théorique que si la relation entre le modèle et la réalité n'était pas explicite ni évidente pour les élèves, alors elle pouvait être un obstacle à la bonne compréhension des phénomènes illustrés. L'objectif de ce test était donc de voir si cette relation était bien comprise par les élèves lorsqu'ils ont réalisé la modélisation de la séance 6. Comme dit précédemment, les élèves disposaient donc d'un schéma de la modélisation qu'ils devaient légendier en faisant le lien avec la réalité. Les éléments présents sur le graphique ci-dessous sont ceux qui ont été identifiés par les élèves. On constate que certaines parties du volcan, comme le cratère par exemple ont été peu identifiées (seulement 7 élèves sur 23), cependant, le cône volcanique, même s'il n'a pas été légendé en utilisant le vocabulaire exact (croûte, pierre ...) a été nommé par 19 élèves. On peut aussi noter que les élèves ne sont pas très précis dans l'utilisation du vocabulaire, en effet ils confondent les termes lave et magma.

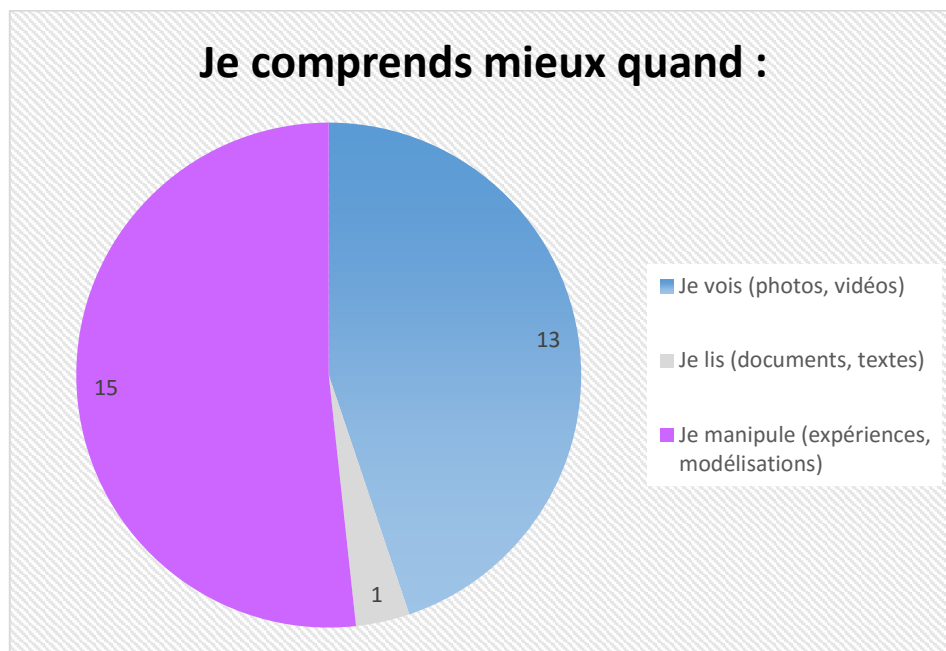


4. 4. Résultats concernant l'intérêt provoqué par les modélisations

Les deux graphiques ci-dessous présentent les réponses des élèves aux questions concernant leurs préférences personnelles. On constate que la majorité des élèves (69,5%) ont préféré travailler sur les volcans plutôt que sur les autres thèmes abordés au cours de l'année (les séismes, l'alimentation et la digestion). De plus, plus de 20% des élèves ont répondu qu'ils avaient préféré les expériences, par expériences ils entendent les modélisations, effectivement nous n'avons pas réalisé d'expériences au sens propre du terme au cours de l'année. Il est utile de noter qu'il n'y a que lorsque l'on a travaillé sur les volcans que nous avons fait des modélisations. Grâce au second graphique, nous pouvons voir qu'au cours de la séquence sur les volcans, ce qui a été le plus apprécié par la majorité des élèves sont les modélisations.



Ce troisième graphique représente les réponses des élèves lorsqu'on leur a demandé quels supports leur permettaient de mieux comprendre une notion. Les élèves avaient le droit de mettre plusieurs réponses. Plusieurs élèves ont mis à la fois « je manipule » et « je vois ». Ces réponses ont d'ailleurs été choisies par la majorité des élèves. Un seul élève a coché la réponse « je lis ». Cependant, cet élève avait aussi coché les deux autres réponses possibles.



5. Discussions

5. 1. Recontextualisation

L'objectif de cette étude était d'évaluer les intérêts et les limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques. D'après les différentes recherches menées, nous avons formulé plusieurs hypothèses sur les intérêts de la modélisation, elle permettrait : d'améliorer la compréhension de certaines notions en donnant la possibilité d'appréhender simplement des phénomènes complexes et de les rendre plus accessibles en offrant les moyens de visualiser des phénomènes non observables directement ; de rejeter les représentations erronées des élèves pour leur en faire acquérir de nouvelles correctes et d'amener les élèves vers l'abstraction. Nous avons aussi formulé des hypothèses sur les limites de la modélisation : un problème de mise en relation entre le modèle et le référent empirique risque de se poser, de plus, si les conceptions initiales sont trop prégnantes, celles-ci peuvent résister au modèle. Afin de tester la validité de ces hypothèses, j'ai choisi de mettre en œuvre une séquence sur les volcans et d'utiliser la modélisation afin de faire acquérir certaines connaissances à mes élèves.

5. 2. Analyse des résultats et mise en lien avec les recherches antérieures

Les résultats évoqués précédemment confirment la première hypothèse selon laquelle **la modélisation permet d'améliorer la compréhension et l'acquisition de certaines notions**. En effet, lorsque l'on compare les résultats de l'évaluation diagnostique et ceux de l'évaluation sommative, on constate que le taux de réponses correctes concernant les notions travaillées avec la modélisation a nettement augmenté.

Lors de l'évaluation diagnostique, seulement trois élèves, soit 12,5 % de la classe, ont mentionné l'effet des gaz en répondant à la question « Comment la lave fait-elle pour sortir du volcan ? ». Lors de l'évaluation sommative en revanche, pour la même question, vingt-et-un élèves, soit 87,5 % de la classe, ont répondu correctement.

Nous pouvons faire le même constat pour la question « Qu'est-ce qui fait qu'une éruption est effusive ou explosive ? ». En effet, lors de l'évaluation diagnostique, seulement quatre élèves (16,6 %) ont répondu que la quantité de gaz avait un effet sur le type d'éruption, or lors de l'évaluation sommative, vingt-et-un élèves (87,5 %) ont répondu de manière exacte.

À partir des conclusions faites à propos de cette première hypothèse, on peut estimer que **la modélisation a permis de rejeter les représentations erronées de la plupart des élèves**. Notre seconde hypothèse est alors en partie validée. Cependant, on constate que pour 12,5 % des élèves la modélisation n'a pas été efficace pour contrer ces représentations erronées, puisqu'ils n'ont pas répondu correctement aux questions même après avoir réalisé les deux modélisations. Ce constat nous amène alors à valider la quatrième hypothèse qui consiste à penser que **si les conceptions initiales sont trop prégnantes alors elles peuvent résister et subsister même après la modélisation**.

La troisième hypothèse était que **la modélisation permet d'amener les élèves vers l'abstraction**. En effet, lorsque nous utilisons des modèles il est indispensable que les élèves travaillent leur capacité d'abstraction afin de faire le lien entre le modèle et le référent empirique pour pouvoir en retirer des connaissances ayant du sens. Afin de vérifier que les élèves avaient compris le principe d'abstraction lors des modélisations, j'ai réalisé un test deux mois plus tard, cet intervalle de temps permettait de vérifier que les élèves réussissaient parce que cela avait du sens pour eux et non seulement parce qu'on venait d'en parler. À partir des résultats, nous pouvons faire plusieurs constats.

Tout d'abord, comme dit précédemment, il y a eu une confusion entre les termes lave et magma, le terme exact était magma car sur le schéma le mélange se trouvait dans la cheminée du volcan, on ne parle donc pas encore de lave mais la confusion est compréhensible étant donné que le magma se transforme en lave à partir du moment où il sort de la cheminée. Cet élément, qui était l'objet principal de la modélisation, a été identifié par tous les élèves. On peut donc dire que chaque élève a compris que le mélange liquide que l'on a produit servait à représenter le magma (qui se transforme ensuite en lave lorsque les gaz s'évaporent). Concernant le cône volcanique, représenté par la pâte à sel, il a été identifié par 18 élèves soit 78,3 % de la classe, cependant le terme cône volcanique n'a été cité que par 6 élèves, les autres ont compris ce que cela représentait mais ils ne se souvenaient plus du vocabulaire approprié. La cheminée du volcan quant à elle n'a été citée que par 9 élèves, et le cratère par 7 élèves, ce qui est très faible. Cependant, 6 élèves ont identifié le cratère par « l'endroit où sort la lave » et 3 élèves ont identifié la cheminée comme le « trou où se trouve le magma/la lave ». Même en comptabilisant ces réponses, le résultat reste faible, seulement 52 % des élèves ont fait le lien pour la cheminée et 56,5 % pour le cratère.

Pour conclure à propos de cette hypothèse, le constat est donc mitigé. On peut dire qu'il la valide en partie, en effet tous les élèves ont identifié au moins un élément, ce qui montre qu'ils ont fait preuve d'un minimum d'abstraction. Cependant, il nous mène aussi à valider la cinquième hypothèse selon laquelle **des problèmes de mise en relation entre le modèle et le référent empirique peuvent être présents**, en effet, plus de 50% des élèves n'ont proposé aucune réponse pour au moins un élément et seulement 2 élèves ont identifié correctement (avec le vocabulaire approprié) tous les éléments du modèle.

5. 3. Apports supplémentaires

Ces différentes évaluations m'ont permis de tester les différentes hypothèses que j'avais formulées à partir de mes lectures. Cependant, lorsque j'ai réalisé ma séquence en classe, j'ai remarqué que les élèves appréciaient particulièrement le fait de faire des modélisations. Je les avais prévenus lors de la première séance que nous en réaliserions au cours de cette séquence. Ils me demandaient alors ensuite régulièrement quand est-ce que nous les ferions. J'ai remarqué que l'objectif de créer des modélisations et plus spécifiquement de modéliser « un volcan en éruption » les motivait particulièrement et augmentait leur intérêt envers les séances de sciences. J'ai donc pensé qu'il était intéressant de leur faire remplir un questionnaire afin de pouvoir quantifier cet intérêt lié à la modélisation.

Les résultats de ce questionnaire confirment mon impression. En effet, lorsque je leur ai demandé ce qu'ils avaient préféré en sciences, plus de 20 % des élèves ont directement répondu les modélisations et près de 70 % ont répondu de manière plus générale qu'ils avaient préféré le travail fait sur les volcans. Il n'y a qu'un seul élève qui a préféré travailler sur un autre thème, une élève a répondu « la digestion et les volcans » et un dernier n'a pas de préférence, tout lui a plu. Je leur ai ensuite demandé ce qu'ils avaient préféré quand ils ont travaillé sur les volcans afin d'expliquer cet engouement pour ce thème. Plus de 65 % des élèves ont alors fait référence aux modélisations.

J'ai aussi fait une autre hypothèse au cours de ma séquence, qui consistait à penser que les modélisations permettaient non seulement d'améliorer la compréhension de tous les élèves mais aussi plus particulièrement celle des élèves qui présentent des difficultés scolaires (notamment en lecture/compréhension écrite). En effet, les modélisations – contrairement aux études de documents - ne nécessitent pas la mobilisation de ces compétences, ce qui permet de

ne pas mettre les élèves en difficulté voire en échec à cause d'une surcharge cognitive. Ils ne se préoccupent alors pas de déchiffrer les textes et peuvent se concentrer totalement sur les connaissances visées. Afin de vérifier cette hypothèse, j'ai demandé aux élèves ce qui, selon eux, leur permettait de mieux comprendre. Il y avait trois réponses possibles. On peut constater que 14 élèves, soit plus de 60 % de la classe, ont mentionné la manipulation. Parmi ces élèves il y en a 8 qui ont répondu seulement la manipulation, 5 qui ont répondu la manipulation et le visionnage (de photos et vidéos) et 1 qui a coché les trois réponses possibles. D'après ces réponses, la grande majorité des élèves a ressenti que la manipulation avait permis d'améliorer leur compréhension. Cependant, je constate que les 3 élèves qui présentent le plus de difficultés scolaires n'ont pas répondu la manipulation mais ont répondu qu'ils comprenaient mieux quand ils voyaient des photos ou des vidéos. Je leur ai demandé de justifier leur choix mais ces justifications ne m'ont pas permis de comprendre pourquoi ils préfèrent cela à la modélisation. En observant alors leurs résultats au test réalisé après la modélisation, j'ai vu qu'ils ne maîtrisaient pas réellement l'abstraction, je pense que c'est ce qui peut expliquer leur choix. Cependant, ces résultats sont à relativiser, en effet, ils se basent sur la propre opinion des élèves, il est alors possible qu'ils aient répondu en fonction de leurs préférences plutôt qu'en tenant compte de ce qui les aide réellement à comprendre. En effet, pour grand nombre d'élèves, la lecture est moins attrayante que les documents audiovisuels ou la manipulation.

5. 4. Limites et perspectives

5. 4. 1. Retour sur la recherche menée

L'étude que j'ai menée présente plusieurs limites.

Tout d'abord, elle n'a été effectuée qu'avec une seule classe de CM1, l'échantillon est donc assez faible pour être réellement représentatif. Il aurait alors été intéressant d'évaluer les impacts de la modélisation en testant cette méthode sur un échantillon plus important et éventuellement plus varié. En effet, on pourrait imaginer mener cette étude en se basant sur plusieurs classes de CM1 ou même tester l'impact de la modélisation en fonction des différentes tranches d'âges. En effet, les résultats seraient peut-être différents si nous aurions testé cette séquence dans une classe de cycle 2 par exemple.

De plus, les modélisations étudiées font partie de la même séquence. On pourrait alors imaginer utiliser des modélisations relatives à différentes séquences afin d'avoir une vision plus globale de l'impact de la modélisation. Ceci nous permettrait aussi d'évaluer la pertinence de la modélisation en fonction des thématiques abordées.

Ensuite, j'ai mesuré l'efficacité de la modélisation en ce qui concerne les connaissances visées grâce à l'écart observé entre l'évaluation diagnostique et l'évaluation sommative. Or lors de l'évaluation diagnostique les questions étaient ouvertes alors que pour l'évaluation sommative j'ai fait le choix de mettre un QCM et un vrai/faux. Ce choix a donc restreint les possibilités d'erreurs en limitant le nombre de réponses possibles. Il aurait peut-être été intéressant de laisser à nouveau les questions ouvertes pour voir si nous aurions récolté des réponses différentes.

Enfin, les élèves ont travaillé en groupes pour réaliser les modélisations, or ce type d'organisation complexifie la gestion de classe. Il est donc plus difficile d'observer les comportements des élèves de manière précise pour les analyser. Pour contrer cette difficulté, nous pourrions imaginer filmer les séances.

5. 4. 2 Evaluation de l'impact pour le métier d'enseignant

Cette recherche me sera utile pour ma pratique professionnelle. Je pense qu'il est très intéressant d'intégrer la modélisation au cours de certaines séquences choisies, en effet comme nous l'avons démontré, elle présente plusieurs avantages permettant de favoriser les apprentissages. Cependant, il faut prendre en compte les différentes limites et veiller à ce que les élèves en soient conscients. De plus, la modélisation est un outil qui permet de diversifier les supports utilisés afin de s'adapter aux différents types perceptifs (visuel, auditif, kinesthésique).

5. 4. 3. Expérience personnelle

Au niveau de mon impression personnelle, j'ai pu observer différents éléments. Tout d'abord j'ai remarqué que la modélisation est un bon moyen pour faire acquérir certaines connaissances, mais aussi qu'elle permet de réellement motiver les élèves. En effet, tous les

élèves participaient, même ceux qui présentent de manière générale un intérêt moindre envers les apprentissages ou qui ont des difficultés scolaires.

Au niveau des limites liées à cette expérience, la principale est la gestion de la classe, en effet le travail en groupes n'est pas toujours facile à gérer : cela crée beaucoup d'agitation et il peut y avoir des mésententes dans les groupes. De plus, réaliser des modélisations est une démarche assez longue.

Conclusion

Au cours de ce mémoire, nous avons pu voir qu'il est difficile de faire évoluer les représentations initiales des élèves. Nous savons aussi vu que l'étude du fonctionnement des volcans est assez particulière car l'expérimentation sur le réel est impossible.

Pour lutter contre ces deux obstacles qui se posent à tout enseignant devant aborder ce thème avec ses élèves, il semblerait que la modélisation puisse être une solution efficace. En effet, les résultats de cette recherche sont assez convaincants : tout d'abord l'utilisation de modèles, par son aspect plus ludique, permet d'augmenter la motivation des élèves lors des séances de sciences, mais aussi et surtout, elle permet dans la plupart des cas de transformer les représentations initiales des élèves. En effet, les modèles permettent une meilleure compréhension des phénomènes étudiés puisqu'ils offrent une représentation simplifiée de phénomènes complexes non observables directement. De plus, elle permet d'initier les enfants au raisonnement scientifique en leur permettant de manipuler, de tester leurs différentes hypothèses et en les amenant vers l'abstraction.

Cependant, nous avons aussi pu constater qu'il existait certaines limites à l'utilisation de la modélisation qu'il est indispensable de prendre en compte afin de sensibiliser les élèves et de limiter le risque de mauvaises interprétations.

Pour conclure, il est essentiel d'adopter la démarche d'investigation pour un enseignement des sciences réellement efficace. Il me paraît très intéressant d'intégrer la modélisation à cette démarche, particulièrement lorsqu'il s'agit d'aborder des phénomènes complexes et qui ne se prêtent pas à l'expérimentation. Toutefois, les autres méthodes d'investigation doivent aussi être utilisées en complémentarité au cours de la séquence afin de diversifier les supports d'étude.

Bibliographie

ASTOLFI, J.P., PETERFALVI, B., VERIN, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences ?* (3e éd.). Paris : Retz.

BACHELARD, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique*, Paris : Vrin.

CHARPAK, G. (1998). *La main à la pâte : les sciences à l'école primaire*. Paris : Flammarion.

CHARPAK, G., LENA, P., QUERE, Y. (2005). *L'enfant et la science: l'aventure de la main à la pâte, les 10 principes de la main à la pâte*. Paris: O. Jacob.

CHEMIN, N. (2004). Les apports de la modélisation dans l'acquisition des connaissances en astronomie. Mémoire professionnel de l'IUFM Orléans-Tours, sous la direction de Marie-Anne Pierrad. Repéré à http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/fondation/prix/2004/2004_orle_.pdf

DECLÉ, C. LAURENT, D (2005). *Guide pour enseigner les sciences à l'école primaire*. Paris : Retz.

DE VECCHI, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe*. Paris : Hachette éducation.

GINSBURGER – VOGEL, Y. (1989) Modéliser à l'école élémentaire ? *Aster n°7*, 49-51. Paris : INRP.

GIORDAN, A et DE VECCHI, G. (1987) *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.

GIORDAN, A. (1996). Les conceptions de l'apprenant, *Sciences Humaines HS.12*.

GIORDAN, A., MARTINAND, J.L., GUICHARD, F., GUICHARD, J. (1997). *Des idées pour apprendre*. Nice: Z'édicions.

JOHSUA S, DUPIN J-J (1993). *Initiation à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses universitaires de France.

MEIRIEU, P. (2004). *Faire l'école, faire la classe*. Paris : ESF.

MEN. (2006). *Socle commun des connaissances et des compétences*. Paris.

MEN. (2008). *Bulletin Officiel*, hors-série n°3. Paris.

MEN. (2012). *Bulletin Officiel*, n°1. Paris.

MENAGER, E. & CHAMPSAUR, P. (2013). La modélisation au cœur de l'apprentissage des sciences expérimentales : la digestion. Mémoire professionnel de l'IUFM académie de Grenoble, sous la direction de Annie Vernaz. Repéré à <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00962432>.

ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée*. Paris : Presses universitaires de France.

SALTIEL, E. (2007). Guide méthodologique : la démarche d'investigation, comment faire en classe ? Repéré à http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/guideenseignant_fr.pdf
(Consulté le 06/03/2016)

THOUIN, M. (2009). *Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire*. Québec : Editions Multimondes.

VYGOTKY, L.S. (1978) *Internalization of higher psychological functions. Mind in society*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press.

VYGOTSKY, L.S. (1985). *Pensée et langage*. Paris : Editions sociales (1^{ère} édition en russe, 1934).

7. Sitographie

www.fondation-lamap.org/fr/page/91/presentation (Consulté le 06/03/2016)

<http://www.andregiordan.com/articles/apprendre/concepttapp.html> (Consulté le 26/03/2016)

Annexes

Annexe 1 : Fiche de chercheur	p 38
Annexe 2 : Évaluation sommative.....	p 39
Annexe 3 : Second test.....	p 41
Annexe 4 : Questionnaire.....	p 42

Annexe 1 : Fiche de chercheur

Les volcans



Ce que nous cherchons : _____



Ce que je pense: _____



Comment je cherche :



Ce que j'observe :



Ce qu'il faut retenir :

Le ciel et la terre

Volcans et séismes

Date :

Prénom :

Compétences évaluées :

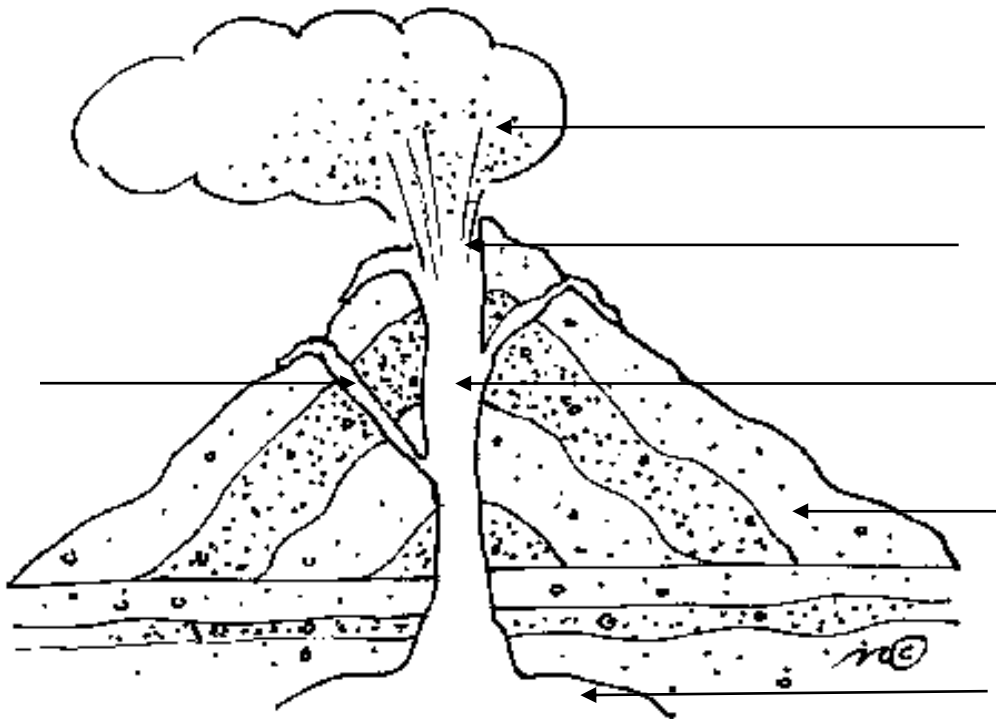
Connaître le vocabulaire relatif aux volcans

Connaître l'anatomie d'un volcan

Connaître les caractéristiques des deux types d'éruption

Savoir ce qui provoque les éruptions

1 Légende avec un vocabulaire précis le schéma suivant :



2 Ecris en dessous des deux textes de quelle éruption il s'agit. Indique les mots du texte qui t'ont permis de répondre

Le 8 mai 1902, une immense explosion se produit en haut de la montagne Pelée à la Martinique, et une masse de gaz, de cendres et de blocs de roche dévalent la pente à 500 km/h. La ville de Saint-Pierre est complètement anéantie et près de 28000 personnes sont tuées.

Le 20 mars 1986, une fissure longue de 700 mètres s'est ouverte au sommet du volcan du Piton de la fournaise. Des fontaines de lave ont jailli et deux coulées ont dévalé la pente pour finir par traverser la route nationale.

Eruption
Ce qui me permet de le savoir :
.....
.....
.....

Eruption
Ce qui me permet de le savoir :
.....
.....
.....

3 Réponds aux questions suivantes en entourant la bonne réponse :

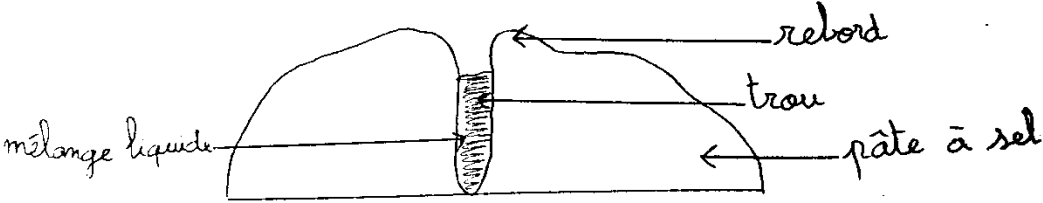
- a) Ce qui fait sortir la lave du volcan c'est :
 - Les gaz
 - La chaleur
 - Les séisme

- b) C'est la quantité de gaz contenue dans le magma qui détermine le type d'éruption (explosive ou effusive).

Cette affirmation est vraie.

Cette affirmation est fausse.

Annexe 3 : Second test



Annexe 4 : Questionnaire

Ce que j'ai préféré en sciences depuis le début de l'année :

Pourquoi ?

Ce que j'ai préféré en sciences quand on a travaillé sur les volcans :

Pourquoi ?

Je comprends mieux quand :

- je vois (photos, vidéos)
- je lis (documents, textes)
- je manipule (expériences, maquettes)

Pourquoi ?

Ce que j'ai préféré en sciences depuis le début de l'année :

Pourquoi ?

Ce que j'ai préféré en sciences quand on a travaillé sur les volcans :

Pourquoi ?

Je comprends mieux quand :

- je vois (photos, vidéos)
- je lis (documents, textes)
- je manipule (expériences, maquettes)

Pourquoi ?

Année universitaire 2015-2016

Master 2 Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Premier degré

Titre du mémoire : Intérêts et limites de la modélisation dans les apprentissages scientifiques

Auteur : Maëva Cabanel

Résumé :

Les recherches en didactique relèvent l'intérêt d'utiliser la démarche d'investigation afin d'optimiser les apprentissages. Parmi les différentes modalités de la démarche d'investigation, nous retrouvons la modélisation. Cet outil est particulièrement utile en sciences lorsqu'il s'agit d'étudier des phénomènes non observables directement comme le fonctionnement des volcans inscrit au programme du cycle 3. A travers cet enseignement, nous proposons dans ce mémoire une réflexion sur les intérêts et les limites que présente l'utilisation de modèles à l'école primaire. Nous avons alors créé une séquence intégrant l'utilisation de modèles conçus dans le but de faire acquérir certaines connaissances précises afin d'en observer l'impact sur les apprentissages. Celui-ci est mesuré par différentes évaluations. Il en ressort que la modélisation permet de manière générale d'améliorer la compréhension et l'acquisition de certaines notions, cependant plusieurs éléments tels que des conceptions initiales trop prégnantes ou encore des difficultés d'abstraction de la part des élèves, risquent de faire obstacle à une compréhension exacte des savoirs visés.

Mots clés : enseignement des sciences, démarche d'investigation, modélisation, cycle 3, CM1, volcans

Summary :

Didactic research reveal the interest of using the investigative approach to optimize learning. Among the different modalities of the investigative approach, we find modelling. This tool is particularly useful in sciences to study non directly observable phenomena as volcanoes functioning included in the programme of primary school. Through this learning, we propose in this master thesis a thought on pros and cons that presents modelling in primary school. We created a sequence integrating the use of models maden to acquire some specific knowledge to observe the impact on learning. This one is measured by various tests. It shows that modelling allows in general to improve understanding and acquisition of some concepts. However several elements such as initials conceptions too present or abstraction issues from pupils, may hinder an accurate understanding of knowledge targetted.

Key words : science education, investigative approach, modelling, primary school, volcanoes