



HAL
open science

En quoi l'utilisation d'un modèle de volcan en classe de CM2 peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques ?

Amina Zouaou

► To cite this version:

Amina Zouaou. En quoi l'utilisation d'un modèle de volcan en classe de CM2 peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques?. Education. 2023. dumas-04187400

HAL Id: dumas-04187400

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04187400>

Submitted on 24 Aug 2023

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.

MASTER 2 MEEF

Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation

Mention **Premier degré**

Année universitaire 2022 - 2023

**DOSSIER UE C2/BCC C
SEMESTRE 4
SESSION 1**

SEMINAIRE SCIENCES

Prénom et Nom de l'étudiant : Amina ZOUAOU

Intitulé du mémoire : ***En quoi l'utilisation d'un modèle de volcan en classe de CM2 peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques ?***

Site de formation : INSPE de DOUAI
Section : C

Prénom et Nom du directeur de mémoire : Monsieur Raphaël CREPIN

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement mon directeur de mémoire, Monsieur Raphaël Crépin pour qui ces quelques lignes représentent bien peu au regard de ce qu'il m'a apporté.

Il a été d'un indéfectible soutien durant toute la réalisation de ce travail de recherche.

Il m'a conseillé, aiguillé, accompagné et a été disponible quand j'en avais besoin. Il a su me rassurer et me donner confiance afin que je puisse donner le meilleur de moi-même. Il a su me faire partager son regard aiguisé du terrain, son professionnalisme et son expérience.

Un grand merci à lui pour sa présence, son humanité, sa bienveillance, son implication et nos échanges authentiques qui ont grandement contribuées à alimenter ma réflexion.

Je tiens également à remercier les élèves de CM2 pour leur participation active pendant la réalisation de ma séquence. J'ai ainsi pu la tester sur le terrain, recueillir des données et les analyser. C'était un réel plaisir d'enseigner dans cette classe !

Un énorme merci à Madame Marir, ma tutrice de stage de m'avoir permis de mettre en place la séquence dans sa classe !

Je remercie tous les professeurs des écoles qui ont pris le temps de répondre au questionnaire de recherche ainsi que ceux qui ont acceptés de répondre aux questions lors d'entretiens individuels.

Enfin, je remercie ma maman pour son soutien et l'intérêt qu'elle a manifesté à ce mémoire.

Table des matières

INTRODUCTION	5
PARTIE THEORIQUE :	7
I) Qu'est-ce que la modélisation ?	7
II) Rôles et fonctions du modèle :	7
III) Les différents types de modèles :	7
IV) Intérêts de la modélisation :	9
V) Limites du modèle :	9
VI) Psychologie et modélisation	10
VII) La place de la modélisation dans la démarche d'investigation :	12
VIII) Que permet de développer chez l'élève la démarche d'investigation ?	14
IX) Que sont les représentations initiales ?	14
X) Que sont les conceptions initiales ?	15
XI) Quelle est la différence entre représentation et conception ?	17
XII) Comment faire évoluer les conceptions ?	18
PARTIE SCIENTIFIQUE (connaissances à maîtriser par l'enseignant)	20
METHODOLOGIE DE RECUEIL DE DONNEES	22
PARTIE : ANALYSE DES DONNEES	26
I) Analyse des données recueillies via le questionnaire de recherche	26
II) Analyse des questionnaires de motivation	39
III) Analyse des schémas « qu'est-ce qu'un volcan pour toi ? Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? »	42
IV) Analyse des schémas de la prise de conceptions initiales sur la structure interne des volcans	42
V) Tableau récapitulatif des quatre schémas de la structure interne des volcans :	47
VI) Analyse de l'évaluation qui a eu lieu en séance 6	70
VII) Transcription et analyse des entretiens directifs avec les professeurs des écoles	71
DISCUSSION SUITE AUX DONNEES RECUEILLIES ET DISCUSSION SUR LE MEMOIRE	80
CONCLUSION	81
BIBLIOGRAPHIE :	84
ANNEXES	87
Annexe 1 : questionnaire à destination des PE	87
Annexe 2 : fiches de préparation de la séquence sur le volcanisme en intégralité	90
Annexe 3 : Questionnaire de motivation	104
Annexe 4 : Productions des élèves	105

❖ Schémas répondant aux questions « qu'est-ce qu'un volcan pour toi ? », « qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? » posées lors de la séance 1 de la séquence.....	105
❖ Quelques schémas de la prise de conceptions initiales sur la structure interne des volcans lors de la séance 2 de la séquence	121
❖ Quelques évaluations d'élèves	126
Annexe 5 : Photos des affiches avec les hypothèses des élèves sur le matériel possible pour fabriquer le modèle de volcan	128
Annexe 6 : Photos du modèle de volcan fabriqué par les élèves et de l'éruption	131
Annexe 7 : Guide d'entretien individuel directif auprès des professeurs des écoles (durée approximative de l'entretien : 20/30 minutes).	134

INTRODUCTION

Ayant obtenu un baccalauréat scientifique suivi d'une licence de biologie/biochimie, réaliser un mémoire en sciences était une évidence pour moi et plus particulièrement sur le **thème de la modélisation**. J'affectionne particulièrement cette voie de la démarche d'investigation, c'est donc pourquoi je souhaite approfondir mes connaissances sur le sujet. En effet, c'est lors d'un module d'enseignement en troisième année de licence que j'ai découvert l'utilisation des modèles en cours de sciences à l'école. Par ailleurs, la modélisation m'intéresse car durant toutes mes années d'école élémentaire, je n'ai jamais reçu de cours de sciences utilisant un modèle. En outre, lors des stages que j'ai pu effectuer par le biais d'une option pré-professionnalisante aux métiers de l'éducation en L2 biologie, des stages réalisés en L3 Professeur des Ecoles-Métiers de l'Education Scientifique mais aussi de ceux réalisés en master 1 MEEF, j'ai pu observer de rares cours de sciences faisant appel à la modélisation mais sans forcément l'intégrer à une véritable démarche d'investigation. De plus, la plupart des enseignants que j'ai pu observer ne prenaient pas en compte les conceptions initiales des élèves. Je me suis alors demandé :

Comment la modélisation peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques ? Permet-elle vraiment de les faire évoluer de manière durable ? Quel rôle l'enseignant va-t-il jouer afin de permettre l'évolution des conceptions ? L'utilisation de la modélisation dans un cours de sciences permet-elle de mieux comprendre les phénomènes non directement observables ? Quels sont les intérêts et les limites de l'utilisation du modèle en cours de sciences à l'école ?

Nous tenterons donc de répondre à ces problématiques dans ce mémoire par le biais des lectures des études scientifiques sur le sujet et des pistes d'action proposées en classe.

Je suis affectée cette année dans une classe de cycle 3 et plus particulièrement dans une classe de CM2 à l'école élémentaire Maxime Quévy à Aniche faisant partie de la circonscription de Douai-Cantiv. Cette école fait partie d'un Réseau d'Education Prioritaire. Les élèves sont issus de classes moyennes. La classe est composée de 25 élèves. L'ambiance y est sereine et propice aux apprentissages. C'est un réel plaisir d'enseigner !

Ma problématique de recherche est : **En quoi l'utilisation d'un modèle de volcan en classe de CM2 peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques ?**

Première hypothèse : je suppose que l'utilisation de la modélisation à bon escient et au bon moment dans une séquence en sciences permet de faire évoluer les conceptions initiales des élèves.

Deuxième hypothèse : je pense que l'usage du modèle en sciences permet aux élèves de mieux comprendre des phénomènes inaccessibles ou non directement observables mais que le modèle a ses limites et doit être couplé à d'autres voies de la démarche d'investigation (recherche documentaire, ...).

La recherche que nous allons mener va nous permettre de tester ces hypothèses.

Afin de répondre à cette problématique, un cadre théorique nous permettra de bien comprendre les concepts en jeu puis une partie scientifique avec les connaissances que l'enseignant doit maîtriser pour mettre en place son enseignement nous éclairera sur le sujet. Ensuite, une partie concrète sur le terrain avec la mise en place en périodes 2 et 3 d'une séquence sur le volcanisme avec usage du modèle nous permettra de recueillir des données. Enfin, dans une dernière partie, nous analyserons et interpréterons ces données.

En ce qui concerne la séquence sur le volcanisme, l'utilisation du modèle est indispensable afin que les élèves comprennent des phénomènes non directement observables. Cette séquence engagera les élèves dans une démarche d'investigation où ils seront en réelle situation de recherche. Elle les engagera aussi dans des phases de débat et de confrontation de leurs conceptions afin de générer des conflits socio-cognitifs et de faire évoluer ces conceptions.

Au cycle 3, dans les programmes, **la démarche d'investigation apparaît à travers les compétences qui concernent la démarche scientifique** et notamment la compétence travaillée « *proposer, avec l'aide du professeur, une démarche pour résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique* ». Au cycle 3, la pratique vise une compréhension globale de la démarche ainsi que sa finalité : résoudre un problème. Dans les programmes de cycle 3, nous pouvons lire « la diversité des démarches et des approches (observation, manipulation, expérimentation, ...) développe **simultanément la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, l'habileté**

manuelle et expérimentale, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre ». D'ailleurs, dans le préambule du BO n°31 du 30 juillet 2020, il est indiqué « toutes les disciplines scientifiques concourent à la construction d'une première représentation globale, rationnelle et cohérente du monde dans lequel l'élève vit ».

PARTIE THEORIQUE :

I) Qu'est-ce que la modélisation ?

Le modèle est la représentation simplifiée d'un objet ou d'un phénomène qui permet de subtiliser un système plus simple au système naturel. La modélisation dans l'enseignement scientifique fonctionne comme **un pont entre théorie scientifique et monde réel** (Gilbert, 2004). D'après Anne Marie Drouin, la notion de modèle s'avouerait plus volontiers et plus ouvertement comme un artefact, comme une interprétation plausible de la réalité, **sans prétendre en être la traduction fidèle**.

II) Rôles et fonctions du modèle :

Le modèle est un outil qui apporte **une réponse « satisfaisante »** aux questions que l'on se pose sur tel phénomène. Par exemple, une cloche respiratoire permet d'illustrer que l'abaissement du diaphragme est responsable du gonflement des poumons. D'après Anne Marie Drouin, « comprendre, expliquer, prévoir, calculer, manipuler, formuler des analogies, communiquer, **rendre pensable ce qui est difficile à cerner**, voici donc les fonctions qui se dégagent des divers modèles que l'on peut rencontrer. Toutes ces fonctions ne sont pas forcément présentes à la fois en un même modèle ». Selon Drouard, « pour effectuer une modélisation il faut déjà avoir une représentation du fonctionnement de ce qu'on modélise sans quoi cette dernière peut véhiculer de fausses représentations » (2008).

III) Les différents types de modèles :

Les modèles les plus concrets :
--

Le modèle empirique : la réalité est étudiée en prenant un exemple représentatif de celle-ci. Nous étudions un cas particulier puis nous le généralisons à un cas plus large par l'intermédiaire d'expérimentations par exemple. Ce qui compte, c'est de contrôler la

généralisation et que les élèves comprennent. Exemple : digestion in vitro pour comprendre la digestion animale.

Le modèle symbolique : le fonctionnement est expliqué en mettant en jeu des objets (maquettes).

Dans la classification des modèles symboliques, nous trouvons **les modèles réductionnistes** où la réalité est représentée de manière réduite (maquette du bras qui a une fonction descriptive et fonctionnelle pour le schéma corporel par exemple) et **les modèles analogiques** où on reproduit le fonctionnement d'un système par un autre système comme dans le cas **du modèle de volcan ou du modèle de séisme**.

Les modèles plus abstraits :

Le modèle conceptuel dans lequel on représente de façon schématique et simplifiée l'activité d'un système et qui permet la mise en cohérence plus ou moins complexe des faits. Par exemple : les zones de subduction, la communication nerveuse ou la régulation hormonale.

Cinq types de modèles appartiennent à la catégorie des modèles conceptuels :

- Le **modèle formel** : nous mettons en jeu les relations entre les éléments fonctionnels (schémas fonctionnels).
- Le **modèle compartimental** : on s'intéresse aux échanges d'un compartiment à un autre.
- Le **modèle cybernétique** : on s'intéresse au contrôle des systèmes en plaçant un ensemble d'éléments en interaction.
- Le **modèle numérique** où la fonction mathématique est utilisée de manière plus complexe qu'une simple mise en équation pour simuler et réaliser des prévisions. Nous pouvons faire varier des paramètres du modèle. Les modèles numériques ne sont pas à confondre avec les outils numériques pour comprendre (animations avec faible niveau d'interactivité et faible degré de liberté) ou pour simuler en utilisant un logiciel de simulation avec un modèle implicite auquel l'utilisateur n'a pas accès.
- Le **modèle mathématique** : une mise en équation mathématique d'un processus ou d'un phénomène est réalisée (exemple : vitesse d'action d'une enzyme).

IV) Intérêts de la modélisation :

D'après Maryline Coquidé, « l'étude de nombreux phénomènes biologiques, et particulièrement ceux qui concernent le fonctionnement du corps humain, est difficilement réalisable par un recours à l'expérimentation directe en raison de contraintes éthiques et pratiques » (2000). **Lorsque l'expérimentation sur le réel n'est pas possible, il est nécessaire de passer par la modélisation qui se substitue au réel.** Ce qui est le cas du volcanisme où l'objet d'étude échappe à l'observation ou la manipulation directe. L'utilisation du modèle de volcan permettra aux élèves de comprendre les phénomènes complexes.

Dans la revue Aster n°7, 1988, *Le Modèle en questions*, Anne-Marie Drouin précise que quoi qu'il en soit, il apparaît que le modèle a une fonction particulière par rapport à la connaissance ; il est une "**construction de l'esprit**" qui permet de mettre en place un ensemble **de variables non directement accessibles à l'expérience**, pour diverses raisons. **Dans tous les cas, le modèle constituera un objet de substitution permettant de travailler sur autre chose que le réel, qui pourtant figurera le réel puisqu'il en reproduit certaines relations pertinentes.** L'auteure fait une distinction entre modèle et modélisation. **Le modèle serait le produit fini et la modélisation, le processus pour y arriver** (Drouin, 1988, p.9). Elle ajoute que : le modèle est un objet transformable, plus facile à "manier" que la réalité, mais qui pour en **rendre compte correctement, doit être confronté sans cesse avec celle-ci.** Selon Jean-Pierre Astolfi, Brigitte Peterfalvi et Anne Verin, dans *Comment les enfants apprennent les sciences ?*, la modélisation développe de « nouveaux rapports à la science et au savoir ».

V) Limites du modèle :

Dans le cas d'une éruption volcanique, le **modèle analogique** que nous construisons ne peut pas parfaitement représenter tous les phénomènes et respecter les grandeurs comme dans la réalité. En effet, la chambre magmatique (réservoir de magma souterrain) est invisible car elle est située en profondeur. De plus, la matière de l'objet fabriqué n'est pas semblable à la réalité. Sur notre modèle de volcan, une bouteille en plastique sert de réservoir puis de la feutrine noire sert de cône volcanique. Aussi, l'échelle n'est pas du tout respectée, notre modèle est bien sûr infiniment plus petit qu'en réalité. La seule chose qui

est similaire est le gaz, moteur de l'éruption volcanique, que nous obtenons avec le mélange bicarbonate de soude et vinaigre blanc même si dans un vrai volcan on ne trouve ni vinaigre ni bicarbonate. De surcroît, nous ne pouvons pas jouer sur la température de la lave. Dans notre modèle, la lave n'est pas brûlante comme dans la réalité. Les diverses projections de lave ne sont pas non plus représentées. Aussi, lors de l'éruption de notre modèle, nous n'avons pas la même quantité de lave qu'en réalité. Sur notre modèle, la quantité de lave est infime. De même, la vitesse d'écoulement n'est pas du tout respectée. De plus, une partie de la cheminée principale du volcan est invisible tout comme les cheminées secondaires. Qui plus est, la notion de durée d'écoulement dans le temps n'est pas prise en compte sur notre modèle alors qu'en réalité une éruption peut durer plusieurs heures, jours, semaines ou mois. La couleur orangée de la lave n'est pas similaire, étant donné que sur notre modèle, nous utilisons de la gouache rouge. Autre détail très important, dans le cas de notre modèle, le bruit de l'éruption n'y est pas. Enfin, nous pouvons manipuler notre modèle. Or, en réalité c'est impossible d'avoir un volcan en main.

Pour toutes ces raisons, nous voyons bien que notre modèle n'est pas un copié collé de la réalité mais qui pourtant figure certains éléments de cette réalité.

Par ailleurs, Gérard De Vecchi disait : « L'intérêt d'un modèle ne se mesure pas dans sa vérité mais dans son utilité » (1996). **Il est important d'être vigilant au fait que l'élève ne prenne pas le modèle pour la réalité mais pour une représentation simplifiée de celle-ci. Le modèle n'est pas une réplique exacte du réel et c'est en cela que ses fonctions sont limitées.** Pour pallier cet obstacle, Jean-Michel Rolando (2003, p.102) recommande de **confronter sans cesse le modèle au réel afin que les élèves n'établissent pas de fausses représentations.**

VI) Psychologie et modélisation

Un enfant de CM2 est âgé dans la plupart des cas de 10 ans ; ce qui correspond au stade des opérations concrètes (entre 7 et 11 ans) selon les stades de développement théorisés par Jean Piaget. A cet âge, l'enfant ne fait plus preuve d'égoïsme cognitif. Il a atteint la théorie de l'esprit, c'est-à-dire qu'il est capable de comprendre que quelqu'un d'autre peut avoir un autre point de vue que le sien. L'enfant est capable de se décentrer, il peut enfin adopter une autre façon de penser que la sienne. A ce stade de développement, l'enfant

commence à conceptualiser et à créer des raisonnements logiques qui nécessitent encore un rapport au concret. L'enfant commence à acquérir un certain degré d'abstraction, développe une pensée logique et plus flexible. **Cette capacité d'abstraction est nécessaire pour modéliser.** Selon les expériences de Piaget, un enfant au stade des opérations concrètes pourrait classer mentalement une série de bâtons par taille sans avoir besoin de les manipuler physiquement. Les opérations acquises au stade des opérations concrètes sont :

- La sérialisation : capacité de comparer des éléments et de les ordonner en fonction de leurs différences
- La classification : capacité à classer les objets selon leurs caractéristiques et de déterminer s'ils appartiennent à un certain ensemble
- La conservation : comprendre qu'un objet peut rester le même malgré les changements d'apparence

Piaget et Inhelder (1955) disaient que la modélisation qui correspond au stade des opérations formelles ne peut advenir avant l'adolescence. Des études ont d'ailleurs appuyé ces propos en montrant qu'avant l'adolescence, les enfants distinguaient avec difficulté preuve expérimentale et théorie (Kuhn 1997). Cela voudrait dire que les jeunes enfants ne peuvent pas modéliser. À l'opposé, Canal et al. (1992) ont montré que des élèves de primaire étaient susceptibles de modéliser.

Bien que son statut épistémologique fasse débat, la modélisation a bien sa place dans les cours de sciences à l'école et ce dès le cycle 1. Le modèle est un support privilégié qui permet à l'élève de s'échapper de la pensée égocentrique et de se décentrer car il peut expérimenter sur un objet non accessible directement.

VII) La place de la modélisation dans la démarche d'investigation :

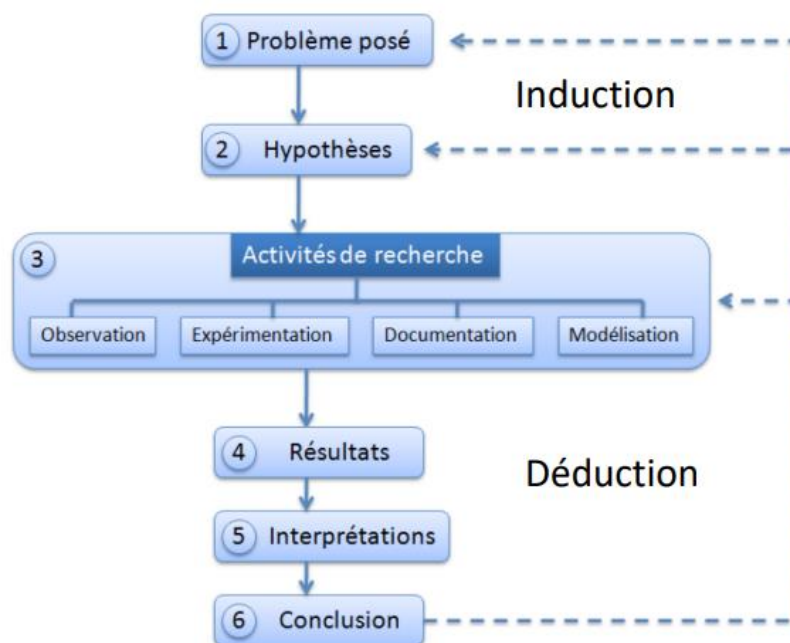


Figure 1 : La démarche d'investigation scientifique

La démarche d'investigation se décline en cinq étapes fondamentales qui n'ont pas pour vocation d'être mises en œuvre de manière linéaire. Il est même souhaitable de faire des allers-retours entre ces étapes. En 1995, Georges Charpak (prix Nobel de physique en 1992) rend visite à son ami Leon Lederman, prix Nobel de physique en 1988. Ce dernier lui fait découvrir un programme d'enseignement des sciences, *Hands on*, qu'il a créé pour lutter contre l'échec scolaire et la violence dans les quartiers défavorisés. Cette méthode lui semble innovante pour enseigner les sciences. A son retour, Georges Charpak fonde, avec le soutien de ses collègues, Pierre Léna et Yves Quéré, une association baptisée *La Main à la pâte* qui a pour slogan : « Lire, écrire, compter et raisonner avec les sciences ». Après des expérimentations, en juin 2000, le ministre de l'Education nationale annonce la création d'un Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (PRESTE). Durant la durée de ce plan, les programmes de l'école primaire ont été revus (en 2002) ainsi que les fiches connaissances. Des documents ont été élaborés par le ministère, l'Académie des sciences et l'équipe de *La Main à la pâte*. La démarche de *La Main à la pâte* s'est progressivement transformée en démarche d'investigation. Ce terme **d'investigation** apparaît dans les programmes de **cycle 3** et de collège en 2008. On trouve dans cette démarche des éléments fondamentaux de la démarche des scientifiques :

questionnement, implication et communication. Cette démarche est dite **hypothético-déductive** car elle part de l'hypothèse pour conduire à la déduction, c'est-à-dire la conclusion et la formulation d'une loi. Celle-ci se réalise bien sûr dans le respect des programmes scolaires et du socle commun de connaissances, de compétences et de culture.

- Choix d'une situation de départ qui peut être fortuite ou provoquée. Elle suscite l'étonnement et la curiosité des élèves. Elle fait sens auprès des élèves. La situation déclenchante est ludique, motivante et débouche sur un problème. C'est **la phase d'enrôlement** d'après les fonctions d'étayage de Jérôme Bruner.
- Questionnement et appropriation du (des) problème (s) par les élèves. Comme le disait Gaston Bachelard « pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir de connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit ». Philippe Meirieu dans *Apprendre... oui mais comment ?* insiste sur le fait qu'un des moyens d'apprentissage est de mettre l'élève face à des situations problèmes.
- Emission d'hypothèse (s) et choix de l'investigation à mener par les élèves, aidé éventuellement de l'enseignant.
- Différentes investigations possibles afin de vérifier les hypothèses :
 - ✓ **La modélisation qui est notre objet d'étude**
 - ✓ L'expérimentation
 - ✓ La recherche documentaire (support papier ou internet)
 - ✓ L'enquête en consultant une personne ressource
 - ✓ La visite chez un professionnel ou dans un centre de culture scientifique et technique.
 - ✓ L'observation directe ou instrumentée
- Analyse, interprétation puis confrontation des résultats de l'investigation.
- Acquisition et structuration des connaissances. **Institutionnalisation du savoir.** La trace écrite est rédigée en collaboration avec les élèves. En effet, J-P Astolfi, Brigitte Peterfalvi et Anne Vérin (1998, p.172) déclarent qu'il n'y a pas de sciences sans écrits « sans réalisation et conservation de traces ». **La trace écrite est co-construite à l'aide des idées des élèves (modèle socio-constructiviste). Cet écrit correspond aux connaissances scientifiques qui seront à maîtriser par les élèves.**

VIII) Que permet de développer chez l'élève la démarche d'investigation ?

D'après les textes officiels, l'intérêt de l'enseignement par démarche d'investigation est de placer l'élève en situation d'apprentissage où ce dernier est non seulement **actif mais aussi et surtout acteur**. L'élève est placé en position de **chercheur** où il résout une enquête.

Avec la démarche d'investigation, l'élève a le droit à l'erreur et aux tâtonnements. Jean-Pierre Astolfi écrivait dans *L'Erreur, un outil pour enseigner* : « Apprendre, c'est toujours prendre le risque de se tromper ». L'erreur est inhérente à l'apprentissage.

La démarche d'investigation rend l'enseignement des sciences plus vivant et attrayant que ne le permettraient des leçons où l'enseignant se contente d'exposer les savoirs. La communication est un des piliers de la démarche d'investigation. L'enseignant organise au sein de la classe une communication orale et écrite permettant de faire avancer la résolution du problème par confrontation des idées, collaboration, répartition des tâches.

Enfin, cet enseignement permet aux élèves d'acquérir **un esprit critique et rigoureux** à tout moment de la démarche. C'est un enjeu éducatif essentiel. Par ailleurs, cette démarche permet de donner **le goût des sciences aux élèves**, de susciter des vocations et de leur faire acquérir une culture scientifique et technique. **En apprenant à distinguer les faits des croyances et/ou rumeurs qu'on ne peut pas démontrer, les élèves exercent leur esprit critique visant à faire d'eux des citoyens instruits et éclairés.**

IX) Que sont les représentations initiales ?

Les représentations désignent, selon Gérard de Vecchi et André Giordan, un ensemble d'« images mentales, de modèles **avant même** qu'une activité quelconque ne débute » (1987), *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*.

J-P Astolfi et Michel Develay, 1989, *La Didactique des sciences*, évoquaient « **un déjà là conceptuel** qui même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de système d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant ».

Selon J.-P. Astolfi, (1984), *L'analyse des représentations des élèves en sciences expérimentales : voie d'une différenciation de la pédagogie*, « les représentations sont des structures cognitives stables dépendant d'une organisation cognitive de la mémoire, mais

aussi d'obstacles particuliers à chaque champ notionnel, du décodage effectué par l'individu de la situation, des interactions inter-individuelles ».

X) Que sont les conceptions initiales ?

L'enseignement des sciences par démarche d'investigation prend en compte les conceptions initiales des élèves. Une conception est une représentation que l'élève s'est construite depuis l'enfance sur les divers phénomènes physiques ou biologiques avant qu'ils ne soient étudiés en classe. Ces conceptions l'aident à comprendre le monde.

Clément P. (1991) et Reverdy C. (2018) expliquent que les conceptions sont dues au savoir scolaire antérieur, aux apports en dehors du cadre scolaire, à l'histoire personnelle, au vécu ou encore au milieu socio-culturel dans lequel l'enfant a grandi. Par exemple, concernant le volcanisme, les élèves en ont déjà entendu parler à la télévision, sur internet ou dans la presse et se sont déjà constitués des idées. Celles-ci peuvent constituer **des obstacles épistémologiques** (invariants qui résistent aux apprentissages : cause profonde d'un ensemble de conceptions erronées) comme l'a théorisé Gaston Bachelard. Il disait d'ailleurs que les obstacles sont « une facilité de l'esprit qui se précipite vers une explication toute prête ». L'enfant est convaincu que sa manière de penser est la bonne et c'est très difficile pour lui d'adopter un autre point de vue. En effet, comme l'affirme Daniel Favre, l'apprentissage est une déstabilisation cognitive et affective. En tant qu'enseignante, j'ai donc pour tâche d'identifier ces **obstacles** et de faire en sorte que les élèves les surmontent.

La démarche d'investigation consiste d'abord à mettre les élèves face à un phénomène, qui conduit à un problème. Elle consiste ensuite à leur faire mener une investigation, dans le cadre de laquelle les nouvelles connaissances scientifiques à enseigner sont établies avec l'aide de l'enseignant. Ces connaissances, qui apportent une solution ou des éléments de réponse au problème, **se substituent idéalement aux conceptions initiales des élèves.** En effet, lors de débats argumentés, les élèves tentent de trouver les hypothèses les plus probables pour répondre à la problématique posée. Cette étape est importante pour le développement cognitif de l'enfant. En effet, selon Jérôme Bruner et Lev Vygotski, **le développement cognitif de l'enfant se construit dans les interactions sociales.** En proposant ses hypothèses qui émanent de ses conceptions initiales, **l'élève les confronte à celles des autres et les remet parfois en question. Lors de la mise en place de ma séquence, à chaque mise en commun, j'ai pris le temps de confronter les idées, les**

schémas et de demander aux élèves d'explicitier leurs démarches à l'oral. La confrontation des conceptions initiales des élèves génère un conflit socio-cognitif comme l'a théorisé Lev Vygotsky.

La démarche d'investigation menée par les élèves en classe peut être pensée par analogie avec la démarche du scientifique. Les scientifiques font face à un phénomène qu'ils ne parviennent pas à expliquer au moyen de leurs théories initiales ; ce problème les pousse à mener des recherches. Ils établissent de nouvelles connaissances scientifiques qui impliquent une révision des théories initiales.

Concernant les conceptions initiales (idées que possèdent les élèves avant d'aborder un enseignement), Gérard de Vecchi et André Giordan disaient : « il faut faire avec pour aller contre. C'est à dire qu'il faut les confronter tout en s'appuyant sur elles pour les transformer » (1996). Pour eux, cette méthode permet d'ancrer durablement les apprentissages chez les élèves en passant par une phase de questionnement, une phase de formulation d'hypothèses et **une phase de confrontation de l'élève à ses propres conceptions et à celles des autres élèves.**

André Giordan (1993, *Les conceptions des apprenants. In J. Houssaye (dir.). La pédagogie. Une encyclopédie pour aujourd'hui*) s'est intéressé aux conceptions des apprenants : « chaque fois qu'on prend soin d'interroger les élèves sur leur façon de faire, dit-il, il est possible de déceler des règles "logiques", du moins dans la tête de l'élève. Malheureusement, ces dernières sont [souvent] décalées par rapport à la logique de l'enseignant et de la discipline » (p. 260). **Pour autant, « la connaissance des conceptions (des élèves) permet à l'enseignant d'adapter son intervention »** (p. 263). Ainsi, « l'apprentissage est rarement le produit d'une simple transmission. C'est surtout le résultat d'un processus de transformation... **de transformation des questions, des idées initiales, des façons de raisonner habituelles** » (p. 263-264). « En fait, pour apprendre, l'apprenant doit **aller le plus souvent contre sa conception initiale**, mais il ne le pourra qu'en faisant "avec", et cela jusqu'à ce qu'elle "craque" » (p. 265). Pour cela, l'environnement, c'est-à-dire « les conditions extérieures dans lesquelles est plongé l'apprenant sont prépondérantes. De même, Philippe Meirieu (1987, *Apprendre ... oui mais comment ?*) explique, à propos des représentations : « **Avant même que le maître commence la présentation d'une question, l'élève s'en fait déjà une idée. [...] L'enfant, en arrivant dans la classe, comme l'adulte en arrivant en formation, dispose de toute une série de**

connaissances. [...] On a donc aucune chance de faire progresser un sujet si l'on ne part pas de ses représentations » (p. 59, 60). D'ailleurs, J-P Astolfi disait « apprendre c'est changer de système de représentation ». Peterfalvi B et J-P Astolfi (1993) disaient que l'élève change de modèle explicatif s'il n'est pas satisfait de ce dernier ou que le nouveau concept lui apparaît plus cohérent, qu'il fait sens pour lui.

Par ailleurs, les conceptions initiales des élèves peuvent être erronées. Jean Piaget a en effet montré que les enfants disposent de conceptions préalables. **L'élève n'arrive donc pas vierge de toute connaissance.** Gaston Bachelard (1938) écrivait : « l'élève arrive en classe avec des connaissances empiriques déjà constituées ». Il disait aussi « Quel que soit son âge, l'esprit n'est jamais vierge, table rase ou cire sans empreinte ». **Il ne s'agit pas de lui apporter des savoirs qui s'accumuleraient indépendamment les uns des autres, mais bel et bien de lui permettre de les construire à partir de ce qu'il pense savoir.**

Si l'enseignant ne relève pas les conceptions initiales alors comme l'écrivait André Giordan « elles se maintiennent et les connaissances enseignées **glissent à la surface des élèves sans les imprégner** ». André Giordan et Gérard De Vecchi affirment dans *les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques* (1987) **qu'il ne peut y avoir de transmission de savoirs sans connaître les connaissances initiales des apprenants.**

En effet, des didacticiens en sciences ont montré que si on ne permet pas aux élèves de s'y confronter, **les conceptions initiales créent des résistances** à l'apprentissage et persistent durablement. Sans prendre en compte les conceptions initiales, il est impossible d'évoluer vers l'acquisition de conceptions scientifiques. André Giordan écrivait dans *l'Enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* « **les mêmes conceptions erronées perdurent de la maternelle à l'université, elles persistent à l'état latent et réapparaissent en toute occasion** ». Qu'elles soient erronées ou non, elles ont le même statut et doivent donc à ce titre toutes être mises à l'épreuve par l'investigation.

XI) Quelle est la différence entre représentation et conception ?

Ces deux termes souvent confondus désignent un système explicatif cohérent (idée préalable, déjà-là) qu'un élève s'est construit pour raisonner face au monde qui l'entoure.

Il est persuadé de la validité de ce système explicatif qui est souvent personnel et implicite. Distinguons les termes de représentation et de conception :

- Les conceptions désignent ce système explicatif (un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes et traduisant une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles selon Giordan et de Vecchi, *Les origines du savoir*).
- Les représentations correspondent à l'expression (orale, écrite, sous forme d'un schéma) de ce système explicatif.

Nous retiendrons que les représentations **sont un moyen d'exprimer des conceptions**, souvent en utilisant une voie matérielle, en schématisant par exemple. En d'autres termes, la conception **désigne le système explicatif que l'enfant a dans la tête**, l'ensemble des idées qu'il utilise pour expliquer le monde. **La représentation est l'expression de la conception**, l'élève la représente par des phrases écrites, une liste de mots, un dessin, un schéma, un relevé oral individuel ou collectif, un nuage de mots, une carte mentale sous forme de *brainstorming* ou encore un entretien individuel. Par exemple, dans le cas de la digestion, la perception des deux orifices amène les élèves à penser qu'il existe deux trajets différents, un pour les solides et un pour les liquides avec une seule entrée : la bouche. Cela les conduit à inventer un système de bifurcation avec deux tuyaux à partir d'un seul ; ceci constitue le système explicatif **des conceptions**. Le schéma que les élèves pourraient en faire constitue **la représentation** de ce système explicatif.

XII) Comment faire évoluer les conceptions ?

Plusieurs stratégies didactiques ont été proposées qui prennent en compte les conceptions des élèves et qui visent à les faire évoluer vers des conceptions scientifiques. Nous allons présenter trois d'entre elles.

- ✚ **Le conflit cognitif** : selon cette stratégie, pour que les élèves soient motivés à adopter les conceptions scientifiques introduites par l'enseignant, ils doivent préalablement et de façon consciente faire l'expérience d'une **mise en défaut de leurs conceptions initiales**. La stratégie du conflit cognitif consiste à mettre les élèves face à un phénomène que l'enseignant leur demande d'expliquer. Les élèves expliquent alors leurs conceptions. Le phénomène est choisi de sorte que ces

conceptions, lorsqu'elles sont erronées, leur apparaissent clairement mises en défaut. Les élèves éprouvent alors un conflit cognitif, c'est-à-dire une insatisfaction sur le plan de leur système explicatif du monde. Ils sont motivés à résoudre ce conflit et à abandonner plus facilement leurs conceptions initiales.

✚ **Le conflit socio-cognitif et la coopération entre élèves** : Willem Doise et Gabriel Mugny disent que « les interactions entre élèves sont source de développement », 1981, *Le développement social de l'intelligence*. Ici, on cherche à faire éprouver un conflit socio-cognitif chez les élèves, c'est-à-dire un désaccord. Son principe repose sur une base similaire à celle du conflit cognitif, à la différence **que c'est par l'interaction avec les autres que les conceptions sont remises en cause**. L'enseignant invite les élèves à discuter ensemble (en collectif ou en petits groupes) de l'explication d'un phénomène, c'est-à-dire à échanger leurs points de vue et à argumenter comme le préconise Sylvain Connac (2017, *Enseigner sans exclure*). **Un conflit socio-cognitif survient lorsque les élèves expriment des conceptions contradictoires**. Chaque élève prend conscience que d'autres conceptions sont possibles et voit sa propre conception être remise en cause par les arguments des autres. Un déséquilibre inter-individuel et intra-individuel apparaissent et l'élève est obligé de se décentrer pour prendre en compte les autres conceptions. Selon Jean Piaget, les deux déséquilibres correspondent à l'assimilation et à l'accommodation.

Marie-José Rémigy explique (1993, *Le conflit sociocognitif*. In J. Houssaye (dir.). *La pédagogie. Une encyclopédie pour aujourd'hui*) : « En cas de désaccord dans la manière de résoudre une tâche, c'est bien parce **que chacun des partenaires, non seulement estime avoir raison mais surtout veut en convaincre l'autre, que la discussion va s'engager ; chacun va devoir fourbir** ses arguments face à cette contradiction, et ainsi progresser dans la décentration nécessaire de son propre point de vue » (p. 250).

L'enfant en vient à douter de la solidité de ses représentations et de ses conceptions, il en vient à ressentir un « déséquilibre cognitif » (Daniel Favre, 2015, *Cessons de démotiver les élèves*) et se rend disponible à une mise en relation avec des savoirs (mis à disposition par l'enseignant) **qui se présentent alors comme des réponses à des questions que les élèves sont en train de se poser** (alors que souvent l'école transmet des réponses à des questions qu'ils ne se posent pas, que le sommeil se charge ensuite d'oublier). John Dewey disait à ce propos : « toute leçon doit être une réponse ».

✚ **Le changement de méthodologie** : selon une troisième stratégie, pour que les élèves opèrent un changement au niveau de leurs conceptions, il convient de leur faire opérer un changement au niveau des méthodes mises en œuvre pour observer et expliquer les phénomènes. L'enseignant va conduire les élèves à s'approprier une méthodologie scientifique, laquelle consiste à émettre des hypothèses en amont de l'observation de phénomènes et à les tester. Cette démarche permet de dépasser une approche superficielle des phénomènes et d'en proposer une explication plus solide.

J-P Astolfi (1997) décrit six étapes pour faire évoluer les conceptions des élèves : recueillir les conceptions, les analyser, les confronter, les comparer pour permettre aux élèves d'évoluer et de se décentrer, faire discuter les élèves et provoquer des déstabilisations par des conflits socio-cognitifs, et voir l'évolution des conceptions.

PARTIE SCIENTIFIQUE (connaissances à maîtriser par l'enseignant)

Les diverses activités de notre planète ne sont appréhendées qu'en cycle 3 et ce afin que les élèves identifient les enjeux liés à l'environnement. Le volcanisme : une manifestation de l'activité interne du globe terrestre. Il se manifeste à la surface du globe par l'émission de produits solides, de produits liquides ou gazeux à haute température. Les produits volcaniques proviennent d'un magma formé en profondeur qui remonte à la surface par des fissures.

L'énergie interne de la Terre est responsable des phénomènes volcaniques. Celle-ci est double : une énergie thermique initiale emmagasinée au moment de la formation de la planète et une énergie produite par la désintégration d'éléments radioactifs dans l'ensemble des enveloppes de la Terre. L'énergie interne du globe est dissipée essentiellement par convection. La Terre est constituée de quatre enveloppes concentriques : la croûte terrestre continentale, océanique, le manteau (lithosphérique, supérieur et inférieur), le noyau externe liquide et le noyau interne solide.

Un volcan est un point de sortie d'un magma à la surface du globe terrestre, il est formé de trois parties : un réservoir de magma en profondeur issu de la fusion partielle des péridotites du manteau supérieur, une ou des cheminées et enfin un cône volcanique constitué de l'accumulation de laves, de cendres, de blocs. Les volcans sont formés de

l'accumulation de roches d'origine profonde, essentiellement de la partie superficielle du manteau (entre -30 et -150 kilomètres). Leur formation s'effectue en trois phases :

- 1) Le magma se forme à partir de la fusion partielle de roches avoisinantes. Il correspond donc à de la matière minérale en fusion ; il est riche en gaz ;
- 2) Le magma s'accumule dans un réservoir (ou chambre) magmatique. Les gaz qu'il contient poussent le magma vers la surface par le biais de fissures dont l'ensemble constitue une cheminée ;
- 3) L'éruption volcanique se produit. Plus ou moins violente, par accumulation des différents produits émis, elle est à l'origine des reliefs souvent coniques surmontés parfois d'un cratère creusé par les explosions provoquées par le gaz.

Les volcans actifs sont situés dans des zones bien précises du globe. Au niveau des continents, les édifices volcaniques constituent souvent des alignements le long de zones de fractures de la croûte terrestre. Au niveau des océans, l'activité volcanique est principalement localisée au niveau des plus longues chaînes de montagnes de notre planète situées dans chacun des océans et appelées dorsales océaniques.

Il existe deux types de volcans, selon le magma d'origine.

- Les volcans effusifs ou volcans rouges : si le magma est basique (pauvre en silice), la lave de couleur sombre est très fluide et de température comprise entre 900 et 1200 °C. Les gaz s'en échappent facilement, ne créant pas de surpression sous le volcan. Les explosions sont minimales. Les laves sont expulsées sous forme de coulées. Ce type de volcanisme se localise au niveau des points chauds (comme à Hawaï ou à la Réunion par exemple) ou au niveau des dorsales.
En géologie, un point chaud est un volcan à activité régulière et dont le matériel a une origine exceptionnellement profonde. Lorsque la lave se trouve en contact avec l'eau de mer, elle se refroidit très vite et forme alors de la lave en coussins ou *pillow-lava*. La principale roche produite par ce volcanisme s'appelle le basalte.
- Les volcans explosifs ou volcans gris : si le magma est acide (riche en silice), la lave qui en est issue a une température de 900 °C en moyenne et est visqueuse. Les gaz s'échappant très difficilement créent des pressions considérables à l'origine d'explosions très violentes sous forme de nuées ardentes (mélange de gaz, de cendres et de blocs). Les blocs dévalent les pentes du volcan à grande vitesse (200 à

500 km/h) tandis que les panaches de gaz peuvent s'élever à plus de 20 km d'altitude.

Le volcanisme explosif est souvent à l'origine d'un dôme. La montagne Pelée, en Martinique, en est un exemple. Ce type de volcanisme se produit au niveau des zones de subduction. La roche caractéristique de ce type de volcanisme est l'andésite.

La prévision des risques volcaniques : l'ascension du magma déclenche des modifications en surface :

- Une activité sismique sous constante vigilance ; on surveille la moindre secousse du sol au niveau du volcan et on alerte s'il s'avère que leur fréquence et leur intensité augmentent ;
- Des déformations du sol : variations de pente du volcan, gonflement du volcan, signes de remontées magmatique ;
- Emissions de gaz, de cendres et mini-explosions analysées ou filmées par des caméras sur place et des satellites de surveillance.

Ces signes précurseurs d'une éruption volcanique font l'objet d'observations et d'études scientifiques de plus en plus précises, mais la prévision reste délicate. Les volcanologues ne peuvent pas encore à l'heure actuelle déterminer le moment de l'éruption ni la nature de celle-ci.

METHODOLOGIE DE RECUEIL DE DONNEES

La séquence sur le volcanisme contient six séances dont la dernière est réservée à l'évaluation (fiches de préparation de la séquence en **annexe 2 p.91 à 103**). Cette partie du programme est une découverte pour la classe de CM2. En effet, la séquence sur le volcanisme n'a pas été traitée en CM1. Les séances ont eu lieu les lundis matin sur le créneau de 10h15 (retour de la récréation) à 11h15. Les séances 1,2 et 3 ont été mises en place en période 2. En ce qui concerne, les séances 4, 5 et 6, elles ont été mises en place en période 3.

Nous avons relevé plusieurs fois les conceptions des élèves en ce qui concerne la structure interne du volcan : les conceptions initiales puis les conceptions intermédiaires et les conceptions finales. Afin de répondre à la problématique de recherche, nous avons pris en

compte les conceptions initiales des élèves sur la structure interne des volcans en leur demandant de schématiser en temps limité en début de séquence puis avant de fabriquer le modèle et après avoir utilisé le modèle pour voir si elles ont effectivement évolué. Nous distribuons aux élèves le même schéma vierge donc nous prescrivons la même tâche mais l'activité des élèves va varier et ainsi ils **pourront mesurer leurs progrès**. Le schéma présente l'avantage de laisser **une trace** sur laquelle l'élève peut revenir. La consigne est simple, claire, concise avec un vocabulaire significatif pour l'apprenant comme le préconise dans son article Clément P (1991). Elle est : « **schématise ce qu'il y a à l'intérieur d'un volcan** ». Afin de ne pas biaiser les résultats, je n'apporterai pas de correction orthographique aux mots employés par les élèves. Nous pourrions aussi constater si l'utilisation du modèle a été un atout à l'évolution des conceptions, si les élèves schématisent le modèle analogique (avec la bouteille à l'intérieur) après avoir manipulé ou s'ils restent sur leur idée de départ. Afin de vérifier si les conceptions ont évolué de manière durable dans le temps, je leur demanderai **trois mois après la fin de la séquence** de refaire le schéma de la structure interne du volcan.

J'ai décidé de faire schématiser les élèves car il est plus facile à mon sens de s'exprimer par un schéma à cet âge que par des phrases assez complexes où ils peuvent parfois manquer de vocabulaire surtout pour les élèves en difficulté ou les élèves dyslexiques. **Le schéma** me semble être le meilleur moyen de relever les conceptions initiales sur un phénomène scientifique. D'ailleurs Fourneau, Orange et Bourbigot (2001) disent que les schémas sont de véritables appuis pour les élèves lors des discussions et autres débats pour faciliter la pensée explicative.

Durant la mise en place de cette séquence, j'ai veillé à revenir le plus souvent possible, à faire des allers-retours avec la réalité par le biais de l'utilisation de photos et de vidéos.

En outre, j'ai diffusé un questionnaire à destination des enseignants en ce qui concerne l'utilisation de modèles en cours de sciences (**annexe 1 p.87 à 89**). J'ai fait parvenir ce questionnaire aux directeurs de différentes écoles des Hauts-de-France afin d'avoir un échantillon d'écoles assez représentatif. J'ai également diffusé ce questionnaire sur des forums et réseaux de professeur des écoles.

Par ailleurs, j'ai réalisé trois entretiens anonymes et confidentiels avec des professeurs des écoles volontaires sur l'utilisation, les intérêts et les limites des modèles en cours de sciences. J'ai enregistré avec leur accord en précisant que cela sera uniquement utilisé à

des fins de recherche. J'ai réalisé des retranscriptions des entretiens. J'ai préparé pour cela un guide d'entretien avec les questions que j'ai posé (**annexe 7 p.134**). Il s'agissait d'entretiens directifs c'est-à-dire composés d'une série de questions à poser dans **les mêmes termes et dans le même ordre** à l'ensemble des répondants. Cette forme d'entretien est très encadrante et standardisée. Elle établit une communication plus intime, plus complète même si le danger est alors celui de la double influence possible de l'enquêté sur l'enquêteur et de l'enquêteur sur l'enquêté.

Voici un bref récapitulatif des séances de la séquence (le détail des séances figure sous forme de fiches de préparation **en annexe 2 p. 91 à 103**). Grâce à cette séquence, les élèves ont enrichi leurs connaissances mais aussi développer des compétences et en particulier trois d'entre elles citées dans le socle commun de connaissances, de compétences et de culture : **raisonner, réaliser/s'informer et communiquer.**

- **Séance 1** : lors de cette séance, les élèves ont découvert ce qu'est une éruption volcanique. Un premier recueil de conceptions initiales a été effectué en demandant aux élèves « qu'est-ce qu'un volcan ? » et « qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? ». Ils ont dessiné et/ou écrit quelques phrases explicatives. Puis j'ai confronté les productions. Ensuite, j'ai fait passer une vidéo du Piton de la Fournaise en éruption. J'ai recueilli les impressions des élèves. Puis nous avons élaborer la trace écrite. Ce même jour en séance lecture, nous avons découvert le métier de volcanologue à travers le récit de vie du couple Katia et Maurice Krafft.
- **Séance 2** : l'objectif pour les élèves est de comprendre d'où vient le magma et de connaître la structure interne des volcans. A partir d'un schéma vierge, j'ai demandé aux élèves de schématiser ce qu'il y a à l'intérieur d'un volcan. Ceci m'a permis de recueillir leurs conceptions initiales sur la structure interne des volcans. Ensuite, ils ont réalisé une étude documentaire sur le sujet. Puis nous avons élaborer la trace écrite.
- **Séance 3** : au début de cette séance, j'ai demandé aux élèves de refaire le schéma de la structure interne du volcan qui correspond à la prise de conceptions intermédiaires. Les élèves ont eu à poser des hypothèses pour fabriquer un modèle de volcan. Ils ont découvert que le gaz est le moteur de l'éruption volcanique. **Cette séance est très importante car c'est à moment qu'elle met en jeu notre objet d'étude pour ce mémoire : la modélisation.** J'ai demandé aux élèves : « qu'est-ce que l'on peut faire pour comprendre comment le magma fait-il pour remonter ? ».

Ils ont trouvé par groupe l'idée de fabriquer un modèle de volcan. Ils ont rédigé la fiche technique avec les matériaux à utiliser. A l'aide du protocole, ils ont réalisé la simulation d'éruption volcanique puis j'ai fait l'éruption sur mon modèle de volcan où l'on voit la chambre magmatique à la différence de celui des élèves. J'ai bien insisté sur le rôle de chaque élément et du lien avec la réalité. La trace écrite a été réalisée.

- **Séance 4** : j'ai demandé aux élèves de refaire le schéma de la structure interne du volcan qui correspond à la prise de conceptions finales. L'objectif de la séance est de reconnaître et caractériser les deux familles d'éruption volcanique. J'ai projeté deux vidéos : celle de l'éruption d'un volcan explosif et celle du Piton de la Fournaise de la séance 1. Le problème était : comment expliquer qu'en surface nous n'ayons pas la même chose pour les deux éruptions ? Les élèves ont travaillé sur des textes scientifiques et ont observé des échantillons de basalte et d'andésite. La trace écrite a été rédigée.
- **Séance 5** : les élèves ont compris que la nature du magma est à l'origine du volcanisme effusif ou explosif. Problème : pourquoi certains volcans explosent alors que d'autres font des coulées de lave ? Une modélisation numérique a été effectuée. La trace écrite a été rédigée.
- **Séance 6** : évaluation de connaissances sur la séquence.

PARTIE : ANALYSE DES DONNEES

I) Analyse des données recueillies via le questionnaire de recherche

Le questionnaire est disponible en annexe 2 p. 87 à 89.

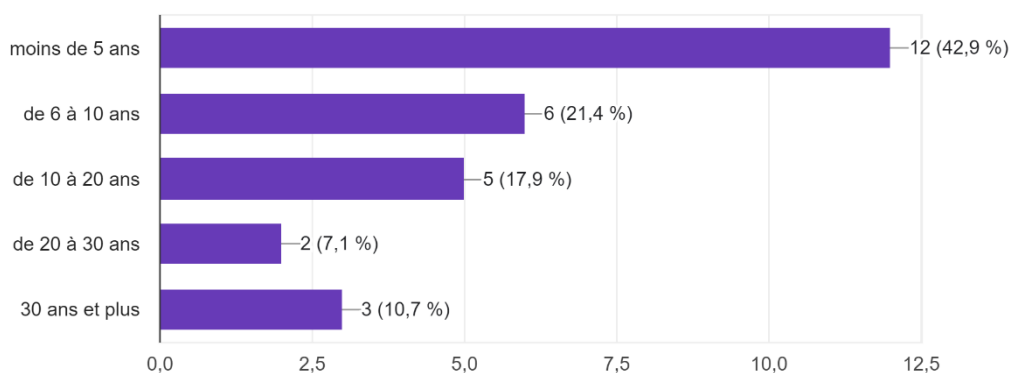
En suivant ce lien, vous aurez accès aux réponses du questionnaire sous forme de tableau : https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UDTtpP-H6fJqIBScBEq2BtswP9Zt0R_5Lx2vGddUsC4/edit?usp=sharing

Voici les graphiques récapitulatifs et les réponses aux questions obtenues :

J'ai réussi à obtenir 28 réponses au questionnaire à part pour certaines questions où les enseignants n'ont pas répondu.

Depuis combien d'années exercez- vous en tant que professeur des écoles?

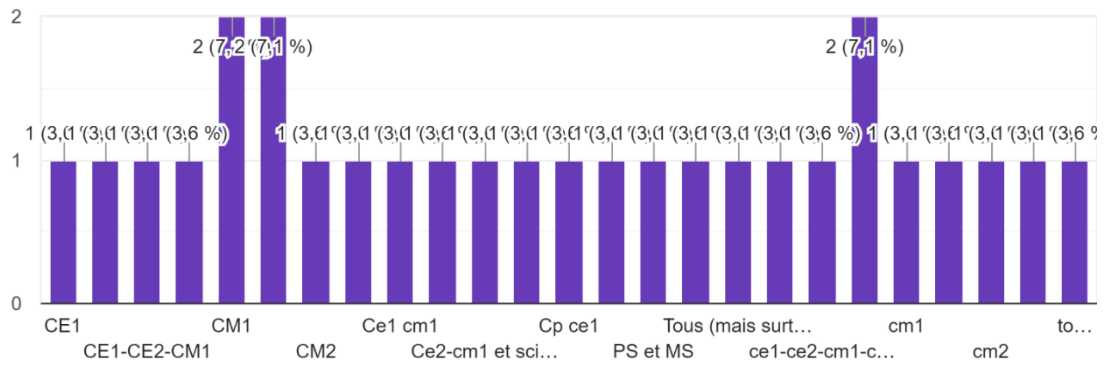
28 réponses



Commentaire : Nous remarquons que la majorité des répondants (43 %) ont moins de 5 ans d'exercice en tant que professeur des écoles. Ils ont donc été formés il y a peu de temps et je suppose qu'ils pratiquent un enseignement des sciences par démarche d'investigation. La deuxième tranche qui a le plus répondu concerne les professeurs des écoles avec 6 à 10 ans d'ancienneté (21% des répondants). Nous n'avons obtenu que 2 réponses pour les professeurs entre 20 et 30 ans d'exercice.

Dans quel niveau de classe exercez-vous?

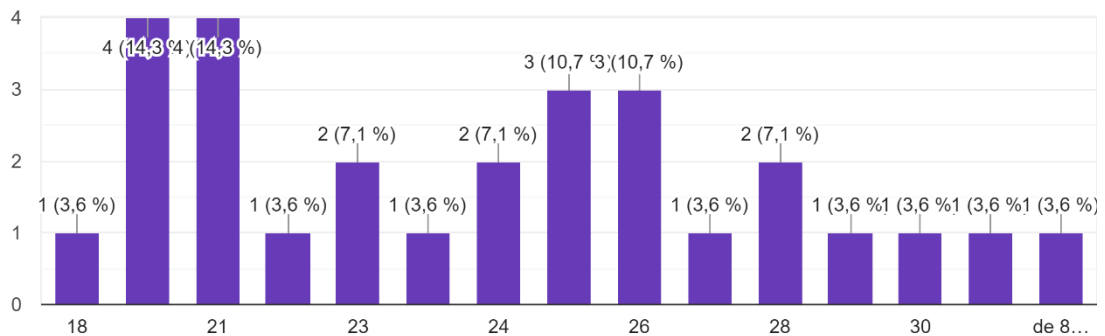
28 réponses



Commentaire : La majorité des enseignants ayant répondu au questionnaire exercent en CM1 (cycle 3) où les chapitres du programme se prêtent davantage à exploiter la modélisation en cours de sciences. Nous avons obtenu le plus de réponses de la part de professeurs de cycle 2 et 3 et peu de la part de professeurs de cycle 1.

Combien d'élèves comporte votre classe?

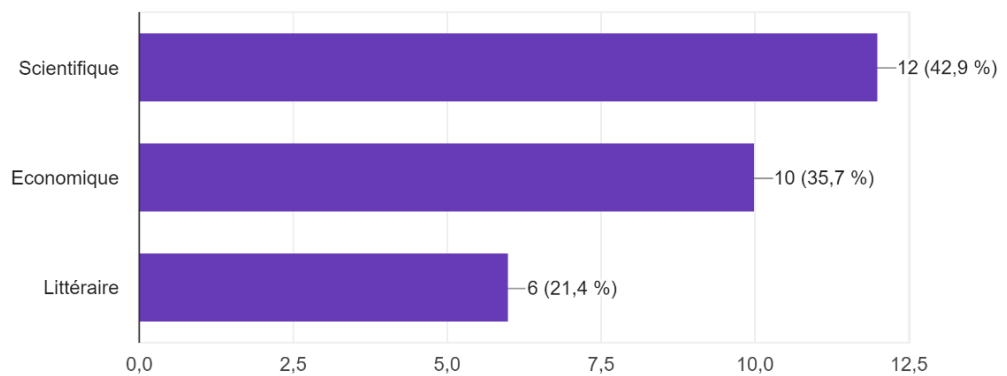
28 réponses



Commentaire : En général, les classes de cycle 3 comportent 20 à 21 élèves c'est pourquoi nous avons 14 % des réponses concernant ce nombre d'élèves. Pour 10 % des réponses, les classes comportent 26 élèves, ceci est consonant avec le fait qu'il s'agit de professeurs de cycle 3 qui ont en majorité répondu à ce questionnaire.

Votre bac est à dominante

28 réponses



Commentaire : Pour 43 % des réponses, les professeurs interrogés sont issus d'un baccalauréat scientifique, 36% d'entre eux sont issus d'un baccalauréat économique et 21 % d'un baccalauréat littéraire.

Quelles études supérieures avez-vous effectuées?

27 réponses

Licence physique chimie + Master MEEF 1er degré

Comptabilité gestion et fiscalité

Licence biologie appliquée

Ecole de commerce

1 an droit puis 3ans HEP Belgique puis master meef avec équivalence de mon diplôme belge

Licence histoire

école d'ingénieur

aucune (mère 3 enfants)

Licence d'Histoire puis CFP

Licence Administration Économique et sociale puis Master MEEF 1er degré

Licence de psychologie

Deux lettres et licences sciences de l'éducation et iufm

chimie

Géographie

Sciences de l'éducation+ master MEEF

Bachelor instit primaire + master meef

Licence LLCER chinois et master meef 1er degré

Licence SVTE+ Focus à Lille 1

Maitrise d'histoire

deug histoire/sociologie + master2 sociologie développement social

Licence de lettres modernes + master MEEF premier degré

BTS Communication Graphique (dominante sciences et technique)/licence et master MEEF

Bac + 3

licence

Bac + 4 géographie et aménagement du territoire

dess Modélisations et Applications Industrielles

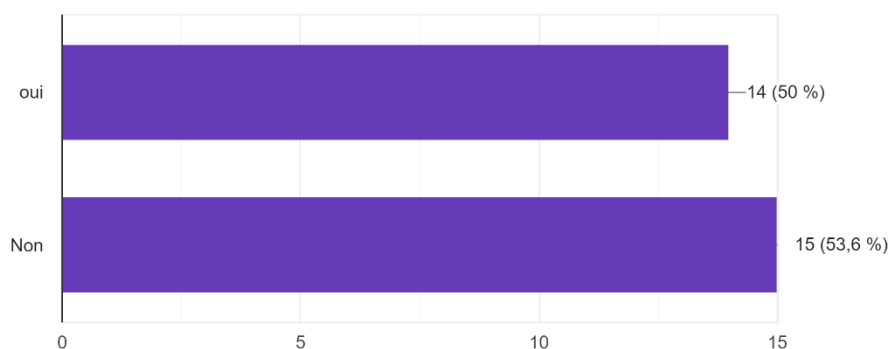
Classe préparatoire BCPST -Licence sciences exactes et naturelles-Master MEEF

Commentaire : Nous avons recueilli les réponses d'un panel de professeur des écoles venant d'horizons très diversifiés ce qui est très intéressant pour notre recueil de données. Concernant les cursus scientifiques, nous pouvons relever des professeurs issus de licence de physique-chimie, de biologie, de chimie, d'école d'ingénieur, de licence de SVT et de classe préparatoire BCPST. Concernant les cursus littéraires, les professeurs sont issus de

licence d'histoire, de droit, de psychologie, de sciences de l'éducation, de chinois et de sociologie.

Etes vous à l'aise dans l'enseignement des sciences?

28 réponses



Commentaire : Bien que nombre de professeurs répondants à ce questionnaire sont issus de filières scientifiques, la majorité des enseignants affirment ne pas être à l'aise avec l'enseignement des sciences **(54 % d'entre eux)**.

Justifier votre réponse

24 réponses

Plus à l'aise sur les contenus que sur la didactique

C'est compliqué de faire des expériences pour que ce soit concret et de travailler à l'oral en gardant l'attention de la classe.

J'ai des connaissances et si le matériel est à disposition dans l'école j'aime manipuler

J'aime les sciences et c'est plus facile de partager

c'est ma passion et mon domaine d'expertise

domaine obscur pour moi

Je n'aime pas cela. Mais mes élèves sont très bons en Hist Géog !!! Du coup, échange de service avec la collègue de CE1 CE2, je lui fais son histoire et elle me fait la science avec mes CM

Difficile de mettre en place des expériences (temps, matériel, mise en place ...)

Les sciences type biologie, oui
Les sciences techniques ou physique, pas du tout...

Je ne suis pas scientifique...

je n'aime pas le programme et je ne peux pas faire de manipulation par manque de moyens

Les notions ne sont pas claires pour moi.

Les expériences demandent beaucoup de préparation de matériels et énervent beaucoup les élèves et demandent beaucoup de temps en classe.

Le sujet m'a toujours intéressée

Etudes de sciences + attrait envers la matière

Je viens d'une filière littéraire et suis donc de fait non spécialiste en sciences et moins à l'aise.

Difficultés dans la mise en place de travaux pratiques et situations de recherche, le choix et l'achat du matériel. Pas assez (du tout) formée dans ce domaine.

J'ai eu une bonne formation concernant les sciences en master.

ça dépend des domaines...et du matériel à disposition

C'est ainsi !

Avec l'expérience

selon moi, pour que cela ne soit pas un ersatz d'enseignement, il faudrait d'autres moyens en équipement. les classes ne sont absolument pas adaptées, c'est toujours une performance de faire des expériences (avec 30 élèves.....), de vraiment faire chercher les élèves. L'évaluation est également un casse tête.

Ma formation est scientifique

Discipline appréciée, cursus scientifique

Commentaire sur les réponses :

La majorité des répondants explique leurs difficultés à enseigner les sciences par plusieurs raisons.

- 1) **Celle qui revient le plus fréquemment** concerne les contraintes de temps, de matériel, de mise en place et de gestion de classe difficile en sciences.
- 2) Une autre raison est celle de ne pas se sentir à l'aise avec les contenus disciplinaires.

- 3) Aussi, l'absence de matériel pour manipuler revient très souvent.
- 4) Certains enseignants affirment que les sciences sont « un domaine obscur pour eux »
- 5) Bon nombre de répondants expriment leurs lacunes « notions peu claires » venant d'un cursus littéraire. Ils l'expliquent par le fait de ne pas avoir été suffisamment formés.
- 6) Enfin, certains professeurs des écoles évoquent leur désamour et un déplaisir à enseigner les sciences. Ils préfèrent alors réaliser un échange de service avec un collègue plus à l'aise.

En revanche, les professeurs qui affirment être à l'aise avec l'enseignement des sciences mettent en avant leur côté affectif avec cette discipline comme étant **une passion** pour eux. On retrouve dans leurs réponses un certain **engouement pour les sciences** et une bonne **formation** durant leurs parcours universitaires.

Comment définiriez-vous la modélisation en sciences telle qu'elle est évoquée au sein de la démarche d'investigation?

24 réponses

???

Optionnelle

Elle donne du sens à la matière, cela rend concret le cours mais la gestion de classe est compliquée

Elle n'est malheureusement pas forcément réalisable car le nombre d'élèves est important et empêche la manipulation. Souvent dans les écoles le matériel est peu riche

Compliquée à mettre en place selon les sujets

intéressante

x

Oups... faut que je demande à ma collègue car je n'en sais rien....

La modélisation c'est partir d'une expérience concrète et manipulable pour faire ressortir une « vérité générale ».

Aucune idée

c'est reproduire une notion par un modèle concret que l'on peut toucher et observer

?

Cela nécessite d'être au point sur beaucoup de notions

La modélisation permet aux élèves de mieux comprendre un concept.

L'enseignant ne se pose ce genre de question que dans le but légitime de connaître ce qu'il manipule et pour se montrer capable de répondre à l'éventuelle interrogation d'un élève ou d'un pair. Sitôt ces deux impératifs satisfaits il peut employer son temps à des questions autrement plus centrales à savoir : comment puis-je exploiter ce modèle dans mon cours et quelles précautions dois-je prendre pour que mes élèves en tirent profit ?

Un modèle est une représentation. Le modèle est un moyen car il permet aussi de réfléchir, d'interroger, sa propre pensée. le modèle se construit à partir de faits et s'enrichit par des allers-retours permanents entre la pensée et le réel. Une expérience peut aussi être qualifiée de modèle dans la mesure où elle s'appuie sur des connaissances théoriques pour créer des conditions artificielles de productions de faits. Lorsque l'on regarde une expérience c'est bien une « mise en scène » de la théorie que l'on observe. Le modèle, se situe à l'interface entre la théorie et les faits. Il constitue un moyen (parmi d'autres) de matérialiser la théorie, non pas au sens de rendre matérielle une pensée qui ne l'est pas, mais au sens de rendre appréhendable, communicable, explicable, une pensée qui se cache en nous. Le modèle est un moyen.

Aucune idée

Représenter un phénomène à partir d'une conceptualisation.

Cela consiste à matérialiser par un modèle un phénomène de manière à mieux l'expliquer ?

L'expérimentation et l'observation sont la base de l'enseignement de la découverte du monde.

faire des hypothèses, les vérifier.

pas d'avis particulier

Intéressante, mais en maternelle on part du vécu de l'élève

Représentation scientifique simplifiée qui permet d'aborder et d'illustrer des notions

Commentaire : concernant la définition de la modélisation, nous n'avons pas obtenu beaucoup de réponses. La plupart des enseignants ne donnent pas de réponse précise. Nombre de répondants affirment « cela rend concret », « cela donne du sens à la matière ». Certains enseignants expriment les inconvénients à utiliser un modèle en classe alors que ce n'était pas le but de la question. **Une analyse des occurrences nous permet de**

constater que le mot « concret » revient le plus souvent dès lors que l'on parle de modèle. Une définition très riche et complète a été apportée par un participant : « le modèle se situe à l'interface entre la théorie et les faits », « un modèle est une représentation scientifique simplifiée », « le modèle se construit par des allers-retours permanents entre la pensée et le réel ».

Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences? Précisez par quelques exemples

19 réponses

non
Oui réalisation informatique d'un schéma du système solaire puis modélisation en balle polystyrène peintes
Oui celle sur les défis sciences de l'académie
Système solaire
oui pour respiration, circulation sanguine, digestion, mouvements corporels, électricité, énergies, système solaire, alternance jour nuit, cycle de l'eau, mouvements circulaires et rectilignes, ...
x
Je ne sais pas
un système solaire, un bras articulé pour observer le fonctionnement des muscles

Des modèles ? Pourquoi ? Que ce soit recherche ou expérience, je ne vois pas trop
Je n'enseigne pas les sciences cette année.
- comment se fait la conservation des aliments ? - quelles sont les conditions favorisant le développement d'une graine ? etc....
Non
Oui, lors d'une séquence sur l'univers
la main à la patte
très peu.
oui

- Etude du vivant: muscles/tendons/ligaments/ les poumons
- Les objets techniques/l'énergie: engrenages/ poulies/ création d'un véhicule qui doit avancer sans moteur /moulin à vent-à eau
- Les états de la matière: la solidification /la fusion (effet du sel)/ créer une station d'épuration/les mélanges hétérogènes: création d'un cocktail arc-en ciel
- La planète terre: les volcans: éruption volcanique/ rotation de la terre avec stellarium

Commentaire : Une analyse des réponses montre que très peu d'enseignants utilisent des modèles en cours de sciences. Par ailleurs, le thème qui est le plus exploité pour la construction de modèle est **le système solaire** (balles de polystyrène). Les PE évoquent aussi l'alternance jour/nuit. Le second thème où les PE questionnés utilisent le modèle concerne **le schéma corporel** avec le bras articulé (biceps/triceps). Les autres thèmes exploités par un enseignant sont : la respiration, la circulation sanguine, la digestion, l'électricité, le cycle de l'eau et les mouvements circulaires et rectilignes. **Nous constatons qu'un seul PE mentionne l'usage d'un modèle concernant la séquence sur les volcans.**

A quel (s) moment (s) de la démarche d'investigation ces modèles ont pu être utilisés en classe?

14 réponses

Institutionnalisation des apprentissages

Tous, découverte, recherche, mise en commun

Recherche

lors de la phase de recherche (confrontation des hypothèses à la réalité)

x

Bah...

plutôt dans la phase de synthèse

?

Ils peuvent être utilisés à tout moment, selon le but que l'on met derrière.

Au début de séquence d'apprentissage posant un questionnement : émission d'hypothèses qu'ils sont amenés à vérifier par la mise en place d'un protocole expérimentale permettant leur vérification.

RAS

projet sur l'eau, l'air

Après la phase d'observation , d'analyse et de suppositions

Après une observation et la formulation d'hypothèses, on crée ou on utilise des modèles pour valider ou invalider les hypothèses et interpréter des résultats.

Commentaire : Plusieurs enseignants évoquent le fait d'utiliser le modèle à la fin de la séquence pour l'institutionnalisation des connaissances. Cependant, la plus grande part de réponses concerne une utilisation du modèle à tout moment de la démarche d'investigation (durant la phase de découverte, la phase de recherche et celle de mise en commun). Un enseignant évoque l'utilisation du modèle dès le début de la séquence (séance 1). En revanche, aucun enseignant évoque l'utilisation du modèle en milieu de séquence comme préconisée par les didacticiens en sciences. **En effet, les didacticiens en sciences recommandent de ne pas partir du modèle en séance 1 mais de l'amener en cours de séquence comme étant une simplification du réel.**

Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles?

15 réponses

Garder trace dans la classe du vécu de la recherche

Positif: concret, pratique, négatif: mise en pratique et gestion de classe

Solidité

point négatif : manque de manipulation par les élèves. Point négatif : très clair pour la majorité

x

Je ne sais pas

positif : donne une image concrète d'un phénomène pas observable ; négatif : certains élèves ont du mal à faire la liaison maquette/réel

?

Meilleure compréhension mais encombrement.

Points positifs :

- motivation des élèves
- travail de groupe en coopération
- schématiser sa pensée et la vérifier par l'expérimentation.
- réfléchir, anticiper, faire des projections, interroger sa propre pensée
- comprendre le travail des scientifiques

Points négatifs :

- Les modèles sont des outils et comme chaque outil leur utilisation requiert de prendre certaines précautions. On doit surtout veiller à ce que l'élève ne confonde pas le modèle avec la réalité (les faits), ou avec des vérités absolues offertes par le professeur. Le modèle ne contient pas le vrai, il ne fait que représenter la manière dont la Science s'en approche.

C'est chronophage.

points positifs: travail de groupes

points négatifs: seul quelques élèves travaillent vraiment

Recréer un modèle que l'on soumet à expérience

Points positifs: Permet aux élèves de manipuler, de travailler en groupe, d'expérimenter pour mieux comprendre des notions abstraites.

Points négatifs: demande beaucoup de préparation, d'organisation, coût du matériel

Commentaire : voici un petit récapitulatif des réponses.

Les points positifs classés par fréquence de réponses :

- 1) Le modèle donne une image concrète d'un phénomène non observable. Il permet de mieux comprendre les notions abstraites. Un modèle est pratique.
- 2) Le modèle est **attrayant et motive** les élèves. **Le modèle permet d'effectuer des « sciences joyeuses » au sens d'Yves Quéré.**
- 3) Il permet un travail de groupe, une coopération
- 4) Il **garde trace dans la classe du vécu de la recherche. Ce n'est pas éphémère** comme dans le cas d'une expérimentation (par exemple : mélange homogène que l'on jette ensuite). Le modèle nous permet **de revenir sur la notion**, de la remobiliser comme avec une affiche en classe.

Bien que les enseignants connaissent les avantages de l'usage du modèle, ils sont bien conscients des limites.

Les points négatifs relevés :

- 1) La majorité des enseignants expriment leurs réticences à l'usage des modèles par le fait que la fabrication et l'utilisation du modèle est très **chronophage**. Ils ajoutent que cela nécessite énormément de **temps de préparation**, d'**organisation** et un coût matériel.
- 2) Un autre point négatif avancé est celui de **la gestion de classe** difficile lorsqu'on utilise un modèle
- 3) Par ailleurs, certains enseignants soutiennent que le modèle est **encombrant**, qu'il prend trop de place en classe.
- 4) Enfin, un dernier point négatif est que les élèves ont du mal à **établir le lien entre le modèle et le réel**. Les enseignants recommandent de bien veiller à ce que l'élève ne confonde pas le modèle avec la réalité tout comme les didacticiens en sciences Anne-Marie Drouin et Jean-Michel Rolando.

Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous même et/ou par les élèves?

16 réponses

Par les élèves
Par moi et parfois les élèves
Les élèves
Majoritairement par moi, parfois par les élèves eux-même
x
Toujours pas
moi même
?
Cela dépend des séquences mais les deux sont possibles.

La démarche expérimentale s'inscrivant dans les programmes officielles, les modèles sont , dans la mesure du possible (en fonction des moyens matériels et humains) construit par les élèves quand le domaine étudiée le permet.

RAS

Par les élèves.

les deux

par les deux

j'essaie au maximum de les impliquer et qu'ils manipulent

Les 2

Commentaire : Principalement, les enseignants affirment que les modèles sont dans la mesure du possible construits par les élèves. En effet, les prescriptions officielles préconisent le fait que les élèves construisent par eux-mêmes.

D'autres enseignants disent que c'est en fonction des moyens matériels de leur classe, de leur école. En fonction des séquences, cela peut être le PE qui fabrique le modèle afin de gagner du temps mais le mieux reste que les élèves **mettent la main à la pâte**.

II) Analyse des questionnaires de motivation

Le questionnaire de motivation que j'ai fait passer aux élèves à la fin de la séquence se trouve en annexe 3 p. 104

Tableau de réponses des élèves au questionnaire de motivation sur la séquence :

Qu'as-tu préféré comme chapitre depuis le début de l'année en sciences ?	J'ai préféré les volcans	En pourcentage	J'ai préféré le chapitre sur le matériel informatique	En pourcentage	J'ai aimé les deux séquences sans préférence	En pourcentage
	15 élèves sur 25	60 %	4 élèves sur 25	16 %	6 élèves sur 25	24 %

<p>Pourquoi as-tu préféré la séquence sur les volcans ?</p>	<p>Réponses des élèves :</p> <p>« J'ai adoré manipuler des roches, c'était génial » « C'était super d'avoir de vraies roches en main »</p> <p>« Faire l'éruption du volcan en vrai et voir des vidéos » « Cette séquence était très intéressante »</p> <p>« C'était une chance de regarder des vidéos, de construire un volcan et de manipuler des roches » « Cette séquence est ma préférée car on a regardé des vidéos, on a découvert le métier de volcanologue avec Katia et Maurice Krafft ».</p> <p>« L'éruption sur notre volcan était très belle » « La séance 3 de la séquence avec la construction de notre volcan et son éruption était la meilleure » « Voir des vidéos et des photos de l'intérieur du volcan »</p> <p>« Je n'aimais pas les sciences avant mais maintenant que j'ai découvert cette façon de faire des sciences, j'adore ». « Ce chapitre car on a regardé des vidéos, manipulé des roches »</p> <p>« Tout m'a plus dans ce chapitre du début à la fin »</p>
<p>Ce que j'ai aimé quand on a travaillé sur les volcans</p>	<p>Nombre d'élèves ayant répondu « la modélisation » : 18 élèves sur 25</p> <p>Nombre d'élèves ayant répondu « la manipulation des roches volcaniques » : 3 élèves sur 25</p> <p>Nombre d'élèves ayant répondu « la visualisation de vidéos d'éruption volcanique » : 4 élèves sur 25</p>
<p>Quel a été ton moment préféré durant cette séquence sur les volcans ?</p>	<p>Réponses des élèves :</p> <p>« le meilleur moment a été la construction du volcan et l'éruption avec les produits » « Mon moment préféré a été l'éruption après avoir fabriqué le volcan, j'ai trouvé cela amusant »</p> <p>« Regarder les vidéos et manipuler » « Faire le modèle du volcan et l'éruption »</p> <p>« J'ai adoré l'expérience du volcan » « J'ai préféré la coulée de lave du volcan »</p> <p>« Les deux choses qui m'ont plu sont la découverte du métier de volcanologue avec Katia et Maurice Krafft et l'éruption du volcan »</p> <p>« J'ai préféré l'animation numérique sur tablette pour tester la viscosité de la lave » « C'était amusant de construire un volcan et de manipuler des roches »</p>

	<p>« Mon moment préféré a été de faire des schémas de l'intérieur du volcan, j'adore les sciences »</p> <p>« J'ai adoré la vidéo sur la vie de Katia et Maurice Krafft »</p> <p>« Faire l'éruption avec le volcan »</p> <p>« Voir les vidéos des 2 types d'éruption volcanique et surtout faire l'éruption qui était amusante »</p> <p>« C'était extraordinaire de toucher de vraies roches qui viennent du volcan »</p> <p>« J'ai préféré le jeu sur tablette pour tester la viscosité de la lave »</p> <p>« J'ai préféré l'éruption du volcan et les schémas »</p> <p>« J'ai adoré l'animation numérique sur les volcans »</p> <p>« Amusant et ludique de faire l'éruption, je l'ai refait chez moi »</p> <p>« La 3^{ème} séance avec l'éruption grâce au modèle »</p> <p>« J'ai mieux compris grâce au modèle »</p>
Je comprends mieux quand je vois (photos/vidéos)	5 élèves sur 25 ont affirmé qu'ils comprennent mieux lorsqu'ils voient des photos ou des vidéos. Ils ont ajouté quand je lis je ne retiens pas, j'aime les choses visuelles.
Je comprends mieux quand je lis des textes	3 élèves sur 25 ont affirmé que les textes les aident à mieux comprendre les phénomènes
Je comprends mieux quand je manipule/je fais des expériences ou je construis des modèles	17 élèves sur 25 ont affirmé que fabriquer le volcan les a aidé à mieux comprendre. Ils ont ajouté « cela ressemble à la réalité ».

Commentaire sur les résultats du questionnaire : Nous pouvons remarquer que **60 %** des élèves affirment que c'est le chapitre sur les volcans qu'ils ont préféré depuis le début de l'année scolaire. Une écrasante majorité **72 % (18 élèves sur 25)** ont préféré la modélisation durant cette séquence. Ils ont trouvé cette séance ludique, attrayante et stimulante. **Cela leur a donné envie d'apprendre.** Ils étaient très mobilisés pendant cette séance. En analyse des occurrences de phrases qui reviennent le plus souvent, nous retrouvons « mon moment préféré a été la construction du volcan et son éruption ». Juste ensuite vient la découverte du métier de volcanologue grâce à la vidéo et au texte sur la vie du couple Katia et Maurice Krafft. En dernier lieu, les élèves ont aimé manipuler des roches et regarder des vidéos. Enfin, **68 %, 17 élèves sur 25** disent avoir mieux compris quand ils ont fabriqué le volcan. Cela vient confirmer notre deuxième hypothèse de

recherche que je rappelle : « je pense que l'usage du modèle en sciences permet aux élèves de mieux comprendre des phénomènes inaccessibles ou non directement observables mais que le modèle a ses limites et doit être couplé à d'autres voies de la démarche d'investigation (recherche documentaire, ...) ».

III) Analyse des schémas « qu'est-ce qu'un volcan pour toi ? Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? »

En annexe p. 105 à 114, vous trouverez les schémas réalisés lors de la première séance répondant aux questions : « Qu'est-ce qu'un volcan ? Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? pour toi ».

Une analyse très détaillée de ces schémas est présente en annexe p. 114 à 120.

IV) Analyse des schémas de la prise de conceptions initiales sur la structure interne des volcans

Quelques productions d'élèves sont disponibles en annexe p.121 à 124.

Tableau d'analyse des schémas de prise de conception initiale répondant à la consigne « schématise ce qu'il y a à l'intérieur d'un volcan » :

24 élèves présents sur les 25 de la classe

Prénom de l'élève	Description du schéma sur la structure interne du volcan	Schéma avec ou sans conceptions erronées	Termes utilisés sur le schéma
Niko	L'élève a délimité la chambre magmatique contenant de petits carrés noirs (pierres). De la chambre magmatique, il a fait partir une cheminée de sortie. Il a colorié la cheminée en noir et l'intérieur du volcan en marron.	L'élève a bien représenté la chambre magmatique et la cheminée mais en revanche il n'y a pas de pierres en réalité (petits carrés noirs) dans la chambre magmatique.	Chambre magmatique, cheminée de sortie et 1000 degrés
Lise	L'élève a représenté une zone délimitée pour la chambre magmatique qu'elle a colorié en orange. Elle a écrit « magma » dans la chambre magmatique. Elle a schématisé 2 cheminées principales or il n'y en a qu'une dans un volcan.	L'élève possède des conceptions erronées car il y a la présence de 2 cheminées principales et la confusion entre magma et lave. De plus, les cheminées ne remontent pas jusqu'au cratère du volcan.	L'élève a écrit croûte terrestre sous le volcan mais au mauvais endroit. Elle a écrit lave dans le volcan.

Lucas M	L'élève a représenté la chambre magmatique en orange ainsi que 2 cheminées principales.	L'élève a représenté 2 cheminées principales qui ne remontent pas jusqu'au cratère du volcan.	Aucune annotation
Lenny	L'élève a représenté une cheminée principale coloriée en rouge sur le bas et en orange sur le haut. Il n'a cependant pas schématisé la chambre magmatique mais une étendue de lave. Il a aussi schématisé des ellipses noires à l'intérieur du volcan.	Absence de chambre magmatique et présence d'ellipses noires qui n'ont pas lieu d'être. En outre, la cheminée remonte bien jusqu'au cratère.	Absence d'annotation
Ayaa	L'élève a représenté la chambre magmatique remplie de magma ainsi qu'une cheminée principale qu'elle nomme « tuyau volcanique » remontant jusqu'au cratère. Sous la chambre magmatique, cette élève a représenté la croûte terrestre.	Présence d'une chambre magmatique, d'une cheminée volcanique, de la croûte terrestre.	Les termes présents sont : croûte terrestre, chambre magmatique, 1000 degrés, tuyau volcanique, cratère, lave, gaz toxique.
Yliès	L'élève a représenté une chambre magmatique remplie de magma de couleur rouge. Son volcan est également rempli de magma de couleur rouge. Il a schématisé 3 cheminées principales qui ne remontent pas jusqu'au cratère.	Présence de plusieurs cheminées principales alors qu'en réalité il n'y en a qu'une. De plus, ces cheminées ne remontent pas jusqu'au cratère du volcan.	Les mots écrits sont : magma et chambre magmatique.
Malvina	L'élève a colorié toute la structure interne du volcan en rouge et en dessous elle a ajouté un encart en gris.	Schéma qui ne contient ni chambre magmatique ni cheminée. Aucune annotation importante n'est présente.	Une seule annotation : 1000 degrés
Mathys	L'élève a représenté une chambre magmatique infiniment petite en noire. Il a schématisé une cheminée principale qui remonte jusqu'au cratère. Il a colorié l'intérieur du volcan en orange.	Présence de la chambre magmatique et d'une cheminée mais les proportions ne sont pas respectées.	Aucune annotation
Erynne	L'élève a représenté une chambre magmatique pleine de gaz et de magma. Elle a aussi représenté une cheminée principale ainsi que 4 cheminées secondaires. Sous la	Cette élève possède de très bonnes connaissances. Ses conceptions initiales correspondent presque	Les annotations sont : magma, gaz, croûte terrestre, chambre magmatique, cheminée et gaz toxique.

	chambre magmatique, elle a schématisé la croûte terrestre, du gaz et du magma.	aux conceptions scientifiques.	
Maïliss	Elle a représenté une chambre magmatique pleine de magma en rouge ainsi qu'une cheminée principale remontant jusqu'au cratère. Sous la chambre magmatique, elle a colorié en marron la croûte terrestre.	Présence de tous les éléments.	Aucune annotation
Ylana	Elle a représenté une chambre magmatique en marron ainsi qu'une cheminée principale en marron allant jusqu'au cratère. L'intérieur du volcan a été colorié en rouge.	Présence de tous les éléments sur le schéma.	Aucune annotation
Ethan B	Il a schématisé une forme rouge au niveau du bas de la feuille.	Absence de chambre magmatique et de cheminée principale.	Il a écrit magma à 1000 degrés
Ambre	Elle a représenté la croûte terrestre à 1000 degrés, une chambre magmatique avec du magma à 1000 degrés ainsi qu'un tuyau remontant jusqu'au cratère. L'élève fait bien la distinction entre magma et lave.	Présence de chambre magmatique, d'une cheminée bien que l'élève la nomme tuyau et présence de la croûte terrestre.	Les mots sur le schéma sont : croûte terrestre, 1000 degrés, tuyau, magma, chambre magmatique, lave, rocher, fumée.
Amélya	L'élève a représenté une chambre magmatique pleine de magma en rouge. Elle a schématisé une cheminée principale remontant jusqu'au cratère ainsi que la croûte terrestre sous la chambre.	Présence de tous les éléments.	Aucune annotation
Kélya	L'élève a colorié l'intérieur du volcan par de multiples couleurs et y ajouté des ellipses noires.	Absence de chambre magmatique et de cheminée principale.	Aucune annotation
Alicia	L'élève a schématisé une croûte terrestre en orange ainsi qu'une cheminée principale n'aboutissant pas au cratère.	Absence de chambre magmatique, la cheminée ne remonte pas jusqu'au cratère.	Les annotations sont : croûte terrestre, 1000 degrés, lave, volcan
Apoline	Elle a représenté des pierres en forme de carré qui baignent dans le magma sous la cheminée principale. Celle-ci remonte bien jusqu'au cratère.	Absence de chambre magmatique, de croûte terrestre.	Les annotations sont : pierre, magma, cheminée.
Léana	L'élève a représenté une énorme chambre magmatique	Le schéma ne respecte pas les proportions	Aucune annotation

	de couleur rouge et bleu. Elle a ajouté une cheminée principale remontant jusqu'au cratère. Sous la chambre, il y a un espace colorié en marron.		
Ilhame	Elle a schématisé une superposition de strates rouge et orange ainsi qu'un réservoir et deux tuyaux.	La chambre magmatique n'est pas bien représentée et absence de cheminée principale.	La seule annotation est plaque tectonique.
Céléna	L'élève a représenté une chambre magmatique pleine de magma de couleur rouge, 2 cheminées principales qui ne remontent pas jusqu'au cratère, la croûte terrestre et une plaque tectonique.	Présence de plusieurs cheminées qui ne remontent pas jusqu'au cratère.	Les mots figurants sur le schéma sont : chambre magmatique, cheminée, plaque tectonique et croûte terrestre.
Jules	L'élève a schématisé une cheminée principale allant jusqu'au cratère. Il n'y a pas de chambre magmatique. Il a aussi ajouté des ellipses noires à l'intérieur du volcan.	Absence de chambre magmatique.	Les mots écrits sont : cheminée, chambre magmatique (alors qu'il n'y en a pas)
Lukas D	L'élève a représenté une chambre magmatique pleine de magma. Confusion entre magma et lave (l'élève écrit les deux dans la chambre) . Il a aussi schématisé 3 cheminées principales allant jusqu'au cratère. Dans l'une des cheminées, il a écrit rocher et gaz.	Confusion magma/lave, 3 cheminées au lieu d'une et absence de croûte terrestre.	Les termes annotés sont : magma, lave, chambre magmatique, gaz, rocher, cheminée,
Clément	Il a schématisé l'intérieur du volcan avec une superposition de couches noires, roses et rouges. En dessous, il a représenté 2 rectangles avec l'inscription « sous la terre ».	Absence de chambre magmatique, absence de cheminée.	La seule annotation : sous la terre
Mathéo	L'élève a représenté la chambre magmatique avec du gaz à l'intérieur ainsi que 3 cheminées principales. Il a colorié l'intérieur de son volcan de couleur rouge avec des ellipses noires.	Présence de 3 cheminées au lieu d'une.	Les mots sont : gaz, chambre magmatique et cheminée.

Commentaire sur les schémas correspondants à la prise de conceptions initiales des

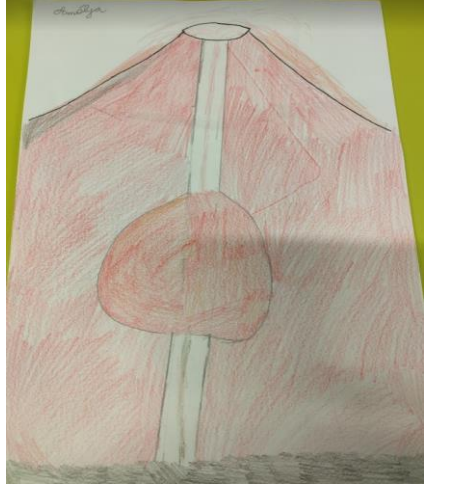
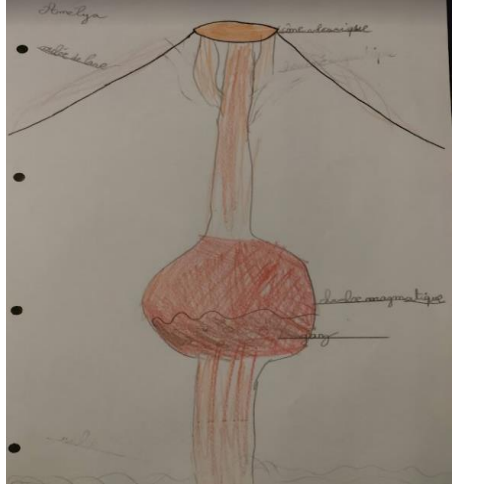
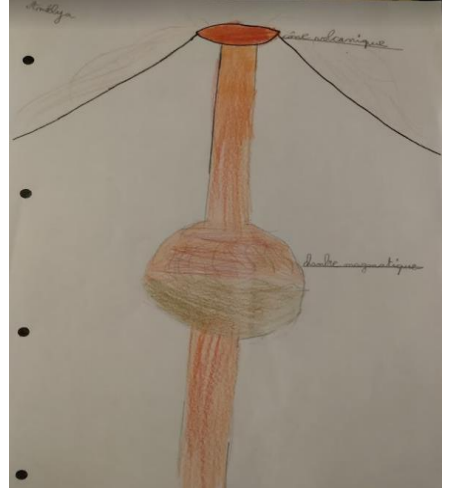
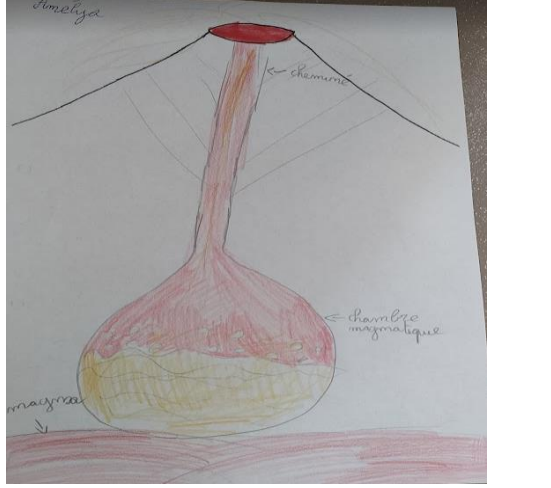
élèves : Nous pouvons remarquer que plusieurs élèves représentent des pierres noires dans la chambre magmatique (de gros carrés noirs). Il s'agit d'une difficulté, d'un obstacle auquel nous essaierons de remédier au travers de cette séquence. Par ailleurs, les élèves font une confusion entre magma et lave. C'est normal car il s'agit de la prise de conceptions initiales et qu'ils n'ont pas encore réalisé la séquence. En outre, l'une des principales conceptions erronées réside dans le fait que les élèves **représentent deux voire trois cheminées principales**. Ils se sont forgés cette idée (déjà là conceptuel). Sur les 24 élèves présents ce jour-là, **15** ont représenté la chambre magmatique. **Quatre** élèves vont même jusqu'à écrire le terme « gaz » sur leur schéma.

Les élèves ont comme conception initiale l'idée d'une croûte terrestre (ce terme revient à plusieurs reprises). De surcroît, le terme « cratère » est évoqué mais mal placé. De nombreux élèves représentent l'intérieur du volcan par un amas de lave, en effet, ils remplissent toute la surface de la feuille en coloriant en rouge.

Nous pouvons constater que souvent la cheminée représentée ne remonte pas jusqu'au cratère mais s'arrête à mi-chemin. C'est une conception sur laquelle nous allons aussi travailler. Par ailleurs, certains élèves nomment la cheminée « **tuyau volcanique** » car ils ne connaissent pas encore le terme scientifique. Seuls quelques schémas évoquent une température de 1000 degrés.

En somme, nous constatons après cette première prise de conceptions que les élèves ont de bonnes idées (construites dans le contexte familial à la maison ou par le biais de vidéos de vulgarisation scientifique) mais que certaines de leurs conceptions sont erronées. Comme le recommande les didacticiens en sciences, il est très important de les prendre en compte pour « faire avec pour aller contre » pour reprendre la formule de André Giordan. Nous allons pouvoir vérifier si grâce aux apports de la séquence d'enseignement et à l'usage du modèle, nous arrivons à faire évoluer ces conceptions de manière durable.

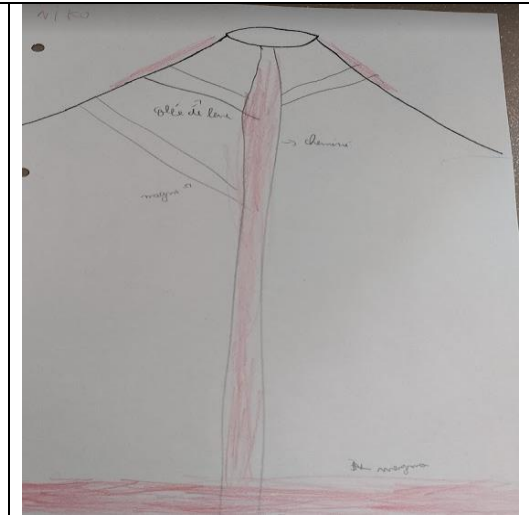
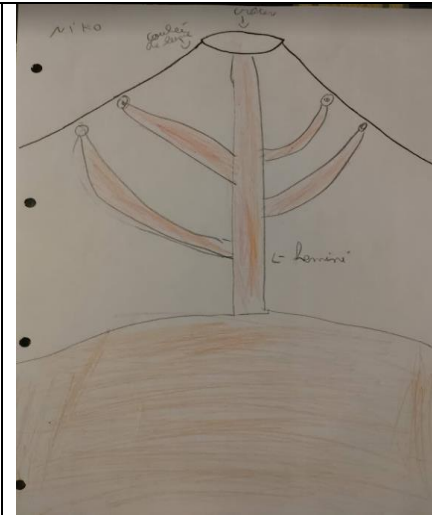
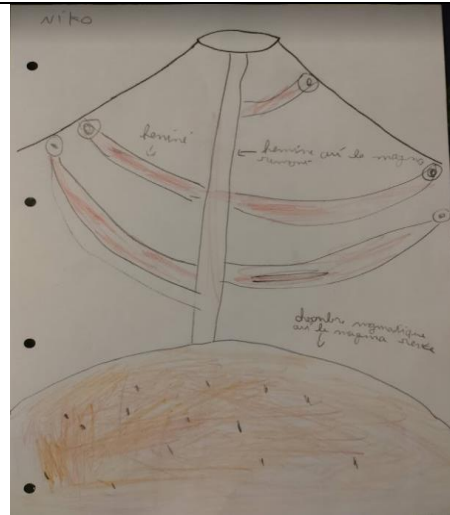
V) Tableau récapitulatif des quatre schémas de la structure interne des volcans :

Prénom de l'élève	Conception initiale (avant le début de la séquence)	Conception intermédiaire (avant la modélisation)	Conception finale (après la modélisation)	Conception 3 mois après la fin de la séquence sans prévenir les élèves en amont
Amélya				

Commentaire : Cette élève a représenté dès la prise de conceptions initiales une chambre magmatique et une cheminée principale remontant jusqu'au cratère. Nous pouvons remarquer une évolution de ses conceptions car elle ne remplit plus l'intérieur de son volcan par de la lave rouge. Il y a une nette évolution. Par ailleurs, elle connaît maintenant les termes scientifiques, le schéma est annoté : chambre magmatique, coulée de lave, cône volcanique. **Le schéma le plus réussi est celui de la conception finale juste après avoir modélisé donc la modélisation a eu un impact positif sur le changement de conceptions**, d'ailleurs la couleur utilisée est l'orange et non plus le rouge, ce qui est consonant avec la réalité du volcan.

En revanche, sur la dernière prise de conceptions (3 mois après la séquence), l'élève représente bien la chambre magmatique mais avec du magma sous celle-ci alors que le magma est dans la chambre. Elle reprend ici la couleur rouge et non orange. La présence de magma sous la chambre est une conception qui résiste et le temps permettra une évolution positive.

Niko

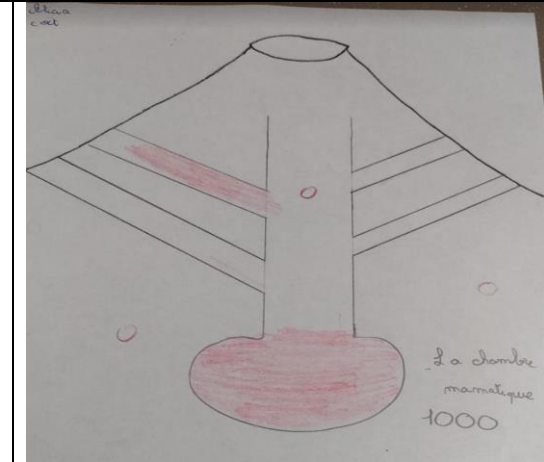
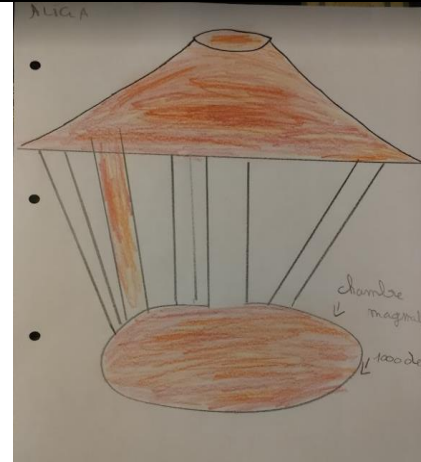
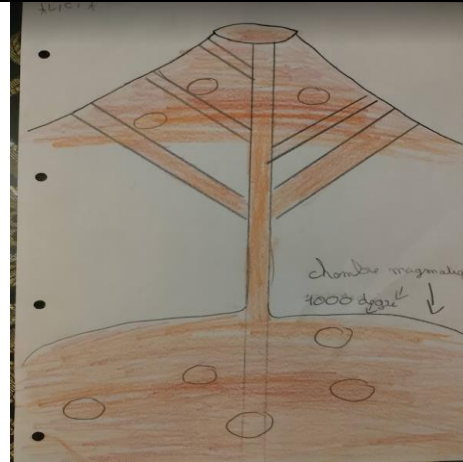
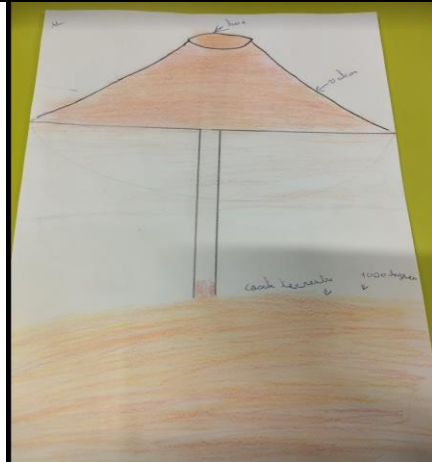


Commentaire : Sur le premier schéma, l'élève représentait de gros carrés noirs dans la chambre magmatique. Après l'avoir interrogé, il a dit « ce sont des pierres contenues dans la chambre ». C'est une fausse représentation. L'élève avait connaissance de la présence de la chambre magmatique et de la cheminée dès la prise de conceptions initiales. En revanche, curieusement, l'élève colorie la lave et l'intérieur du volcan en noir. Avant de modéliser, donc sur le second schéma, il ne représente plus de gros carrés noirs mais des points noirs dans la chambre magmatique. Par ailleurs, l'élève représente 5 cheminées secondaires, ce qui est assez étrange. Il ne fait pas de confusion entre magma et lave puisqu'il écrit « magma dans la chambre magmatique ».

Nous pouvons remarquer que sur le 3^{ème} schéma donc juste après avoir modélisé, l'élève ne représente ni carrés ni points noirs dans la chambre magmatique. Après avoir modélisé, l'élève colorie la lave en orange et non plus en noir. La modélisation a donc été profitable pour cet élève à l'évolution des conceptions initiales vers les conceptions scientifiques.

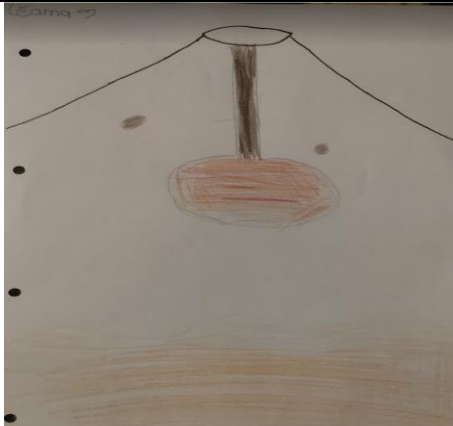
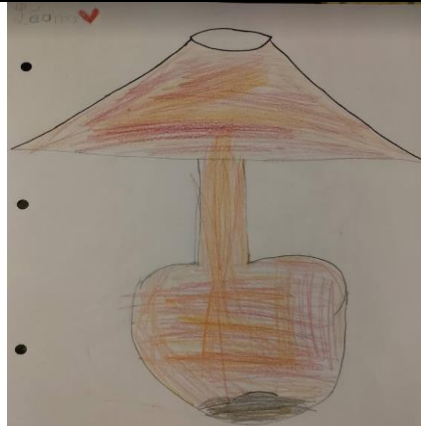
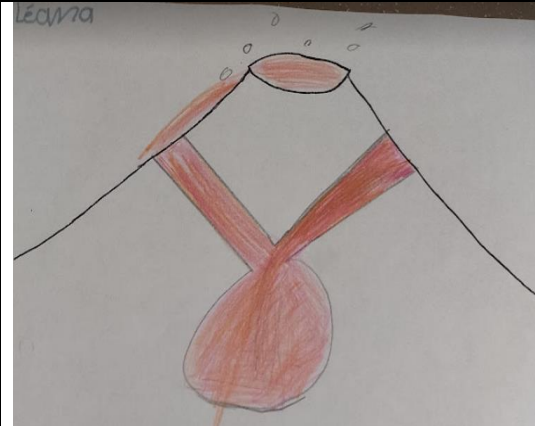
Par ailleurs, sur le dernier schéma (conceptions prises 3 mois après la séquence), l'élève ne représente plus de chambre magmatique. Il schématise une cheminée principale et du magma en dessous. **Nous ne comprenons pas pourquoi l'élève dessinait une chambre magmatique sur les 3 schémas et pas sur le dernier. C'est une limite de l'utilisation du modèle où les conceptions n'ont pas été durables dans le temps.**

Alicia



Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, elle a représenté un amas de couleur orange sans chambre magmatique et une cheminée principale qui ne remonte pas jusqu'au cratère du volcan. Sur le second schéma de la prise de conceptions avant de modéliser, **Alicia représente une chambre magmatique** avec des cercles noirs à l'intérieur. L'ensemble est colorié en orange. Un changement par rapport au 1^{er} schéma : la cheminée principale remonte jusqu'au cratère mais 5 cheminées secondaires ont été ajoutées. De plus, des cercles sont présents de part et d'autre des cheminées.

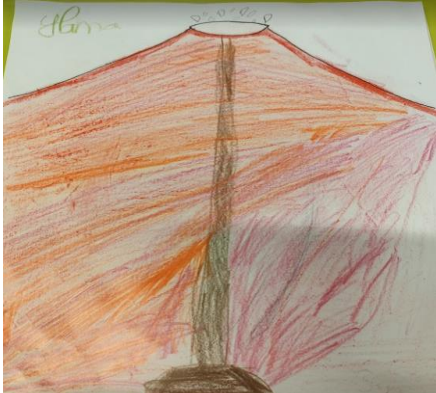
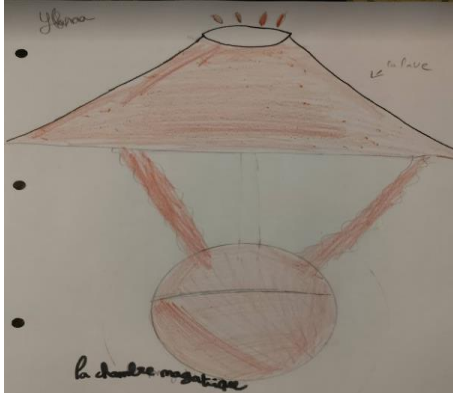
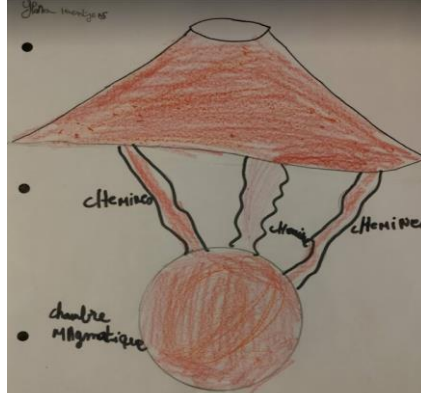
Sur le 3^{ème} schéma après avoir fabriqué le modèle, l'élève représente bien la chambre magmatique d'où partent 5 cheminées sans qu'aucune n'arrive au cratère. **Les conceptions n'ont pas évolué favorablement malgré l'utilisation du modèle, la passation de vidéos ainsi que l'observation de photos.** Enfin, sur le 4^{ème} schéma, elle a bien retenu qu'il y a une chambre magmatique mais la cheminée principale ne remonte pas jusqu'au cratère.

Léana	Absente			
-------	---------	--	---	---

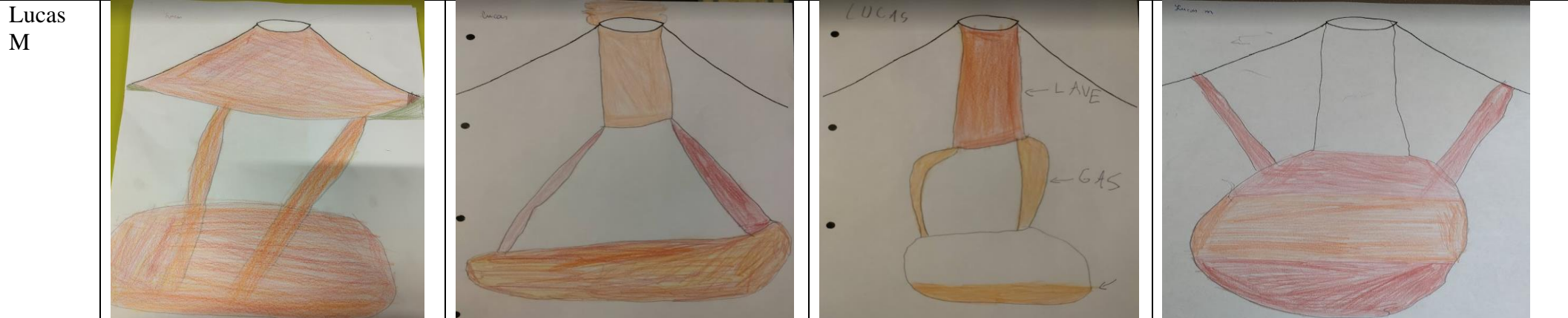
Commentaire : Sur le premier schéma correspondant à la prise de conceptions avant de modéliser, Léana représente une chambre magmatique sans la nommer ainsi qu'une cheminée principale allant jusqu'au cratère. Cependant, la lave est de couleur noire. On ne comprend pas l'amas colorié en orange au bas de la feuille.

Sur le second schéma après utilisation du modèle, on peut voir une chambre magmatique mieux placée sur la feuille et de la lave orange et rouge. **En revanche, chose étrange, la cheminée ne remonte plus jusqu'au cratère. La fabrication et l'utilisation du modèle ne l'ont aidé à mieux comprendre.**

Enfin, sur le dernier schéma, elle représente une chambre magmatique dont débouche 2 cheminées secondaires. Cependant, il y a disparition de la cheminée principale. **L'utilisation du modèle couplé à d'autres voies de la démarche n'a pas été bénéfique.**

Ylana				Absente
-------	--	---	--	---------

Commentaire : Sur le premier schéma, il y a représentation d'une cheminée principale et d'une petite chambre magmatique. En revanche, elle colorie tout l'intérieur du volcan en orange représentant certainement la lave alors que cette dernière est représentée en noire à l'intérieur de la cheminée principale. Certaines conceptions initiales sont erronées. Sur le second schéma avant de modéliser, elle représente et nomme la chambre magmatique. En outre, la cheminée principale a disparu au profit de 2 cheminées secondaires. Enfin, sur le dernier schéma après usage du modèle, Ylana représente une chambre magmatique d'où partent 3 cheminées secondaires ne débouchant pas jusqu'au cratère. **L'usage du modèle n'a donc pas permis de lever les conceptions erronées.**

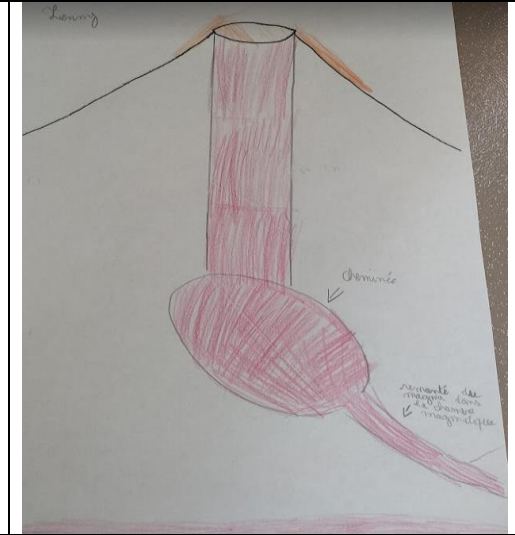
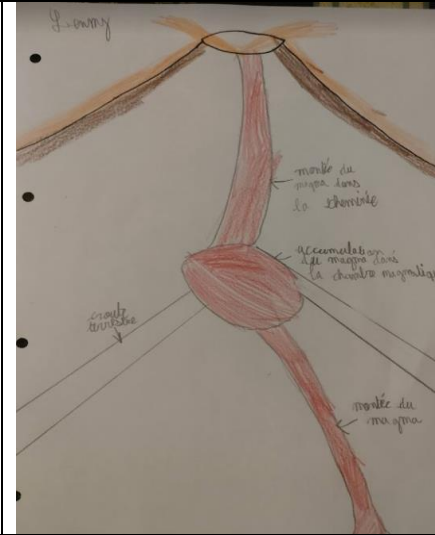
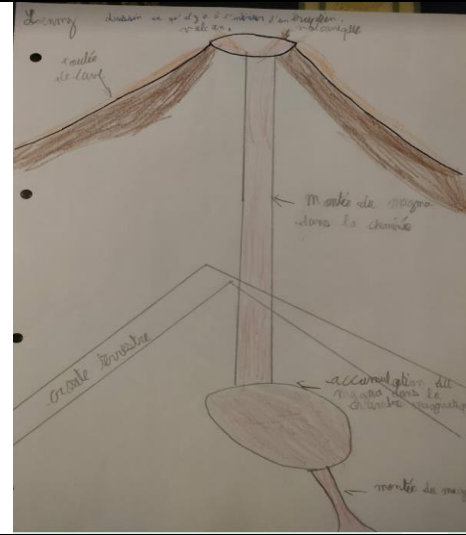
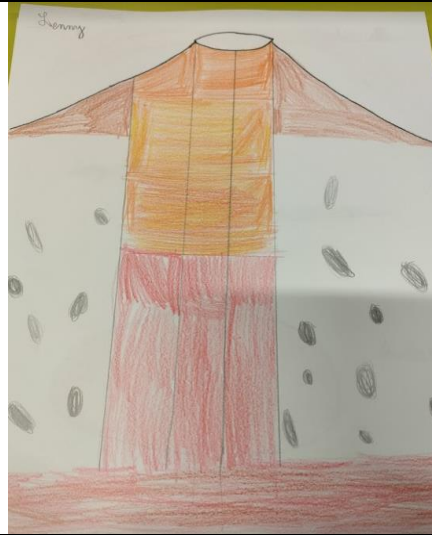


Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, Lucas a dessiné une chambre magmatique coloriée en orange ainsi que 2 cheminées ne remontant pas jusqu'au cratère. En revanche, sur le second schéma, il a dessiné une large chambre magmatique avec 2 cheminées secondaires se réunissant en une cheminée principale.

En ce qui concerne, le 3^{ème} schéma (après usage du modèle), la chambre magmatique est présente mais elle n'est pas coloriée entièrement. Il écrit pour la première fois les termes de gaz et de lave mais pas au bon endroit. **Malgré l'utilisation du modèle, l'élève est resté sur ses conceptions initiales à la différence d'un ajout d'une cheminée principale.**

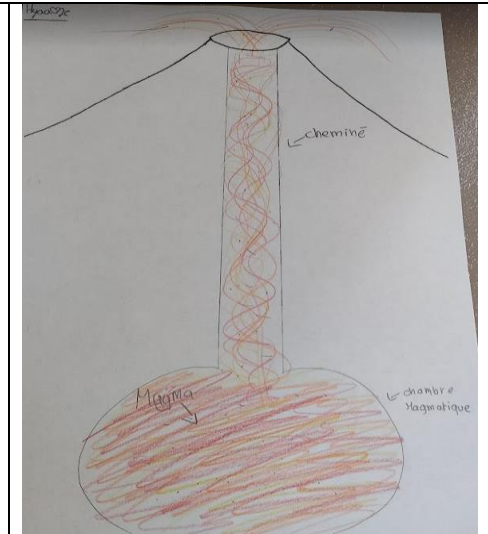
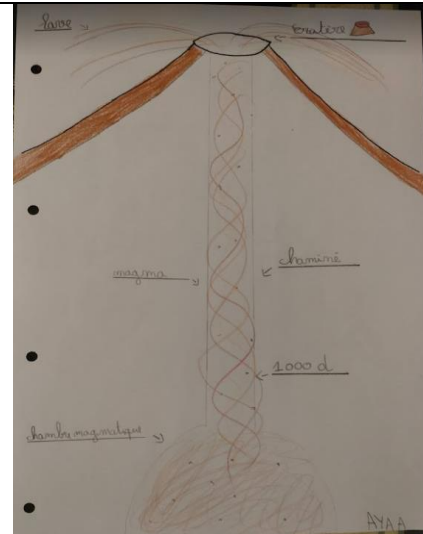
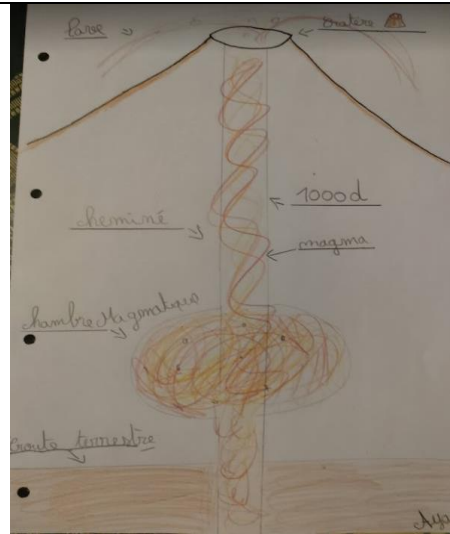
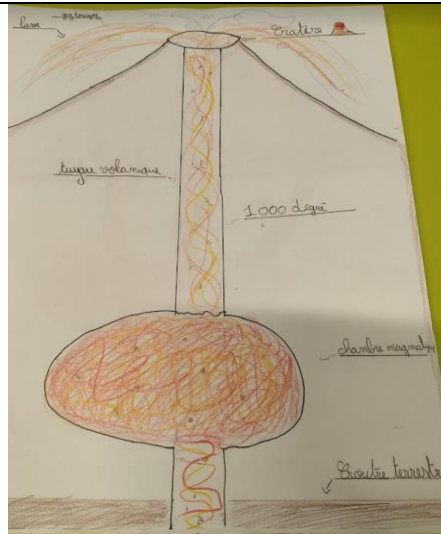
Après 3 mois suivant la fin de la séquence, Lucas représente toujours une chambre magmatique à l'intérieur du volcan. Elle est reliée à une cheminée principale remontant au cratère.

Lenny



Commentaire : Sur le premier schéma de prise de conceptions initiales avant le début de la séquence, Lenny dessine à l'intérieur du volcan des ellipses noires ainsi qu'une cheminée principale fractionnée en 3 parties sur sa longueur remontant au cratère. Il colore un amas rouge dans le bas de la cheminée. Sur le second schéma avant de fabriquer le modèle, le fond rouge et les ellipses noires ont disparu au profit d'une chambre magmatique, d'une cheminée principale allant jusqu'au cratère. Son schéma est parfait : avec ajout de croûte terrestre et de la montée du magma. En ce qui concerne le 3^{ème} schéma après usage du modèle, l'élève écrit « accumulation de magma dans la chambre » et « montée du magma dans la cheminée ». Il fait bien la distinction entre magma et lave. Il écrit « coulée de lave » en sortie du volcan. **Le modèle a eu un impact positif sur l'évolution de ses conceptions.** Enfin le dernier schéma est identique aux précédents mais le magma est colorié en rose.

Ayaa

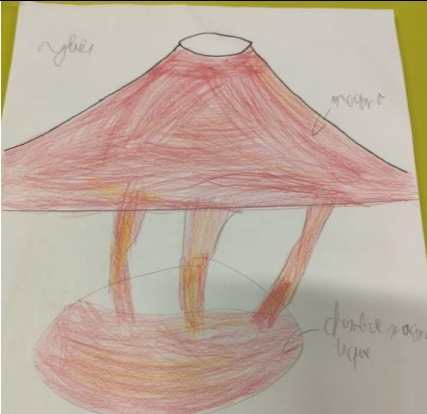
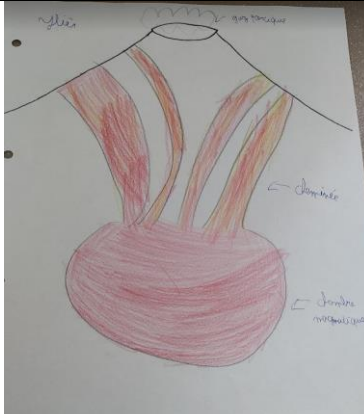


Commentaire : Sur le schéma de conceptions initiales, Ayaa représente une chambre magmatique, une cheminée principale (**qu'elle nomme tuyau**) qui remonte au cratère. Elle écrit les termes scientifiques : croûte terrestre, chambre magmatique, cratère et lave. **Elle possède des conceptions justes hormis quelques termes incorrects.**


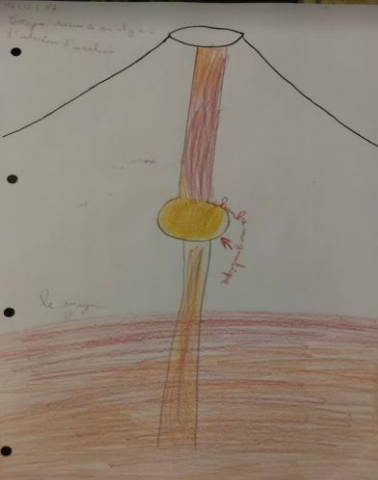
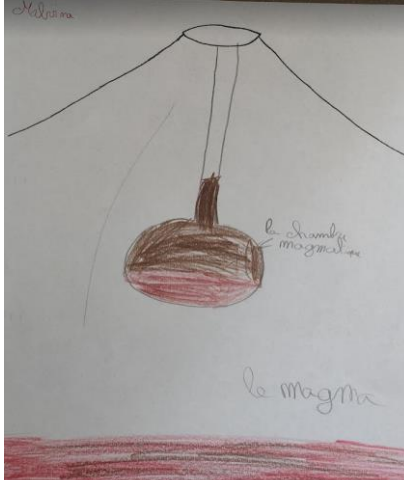
Sur le second schéma, on note une évolution dans les termes, elle écrit « cheminée » et non plus « tuyau ». Elle fait bien la distinction entre le magma à l'intérieur du volcan et la lave à l'extérieur même si la schématisation reste la même.

En ce qui concerne, le 3^{ème} schéma après modélisation, celui-ci est correct puisqu'il y a présence d'une chambre magmatique, d'une cheminée principale et la distinction entre magma et lave. La différence est qu'Ayaa ne représente plus ce fond orangé sous la chambre magmatique. **Le modèle a eu un impact positif pour cette élève.**

Sur le dernier schéma de relevé de conceptions, nous pouvons constater **que l'élève s'est bien imprégnée de manière durable.** Le schéma est correct avec les bons termes au bon endroit.

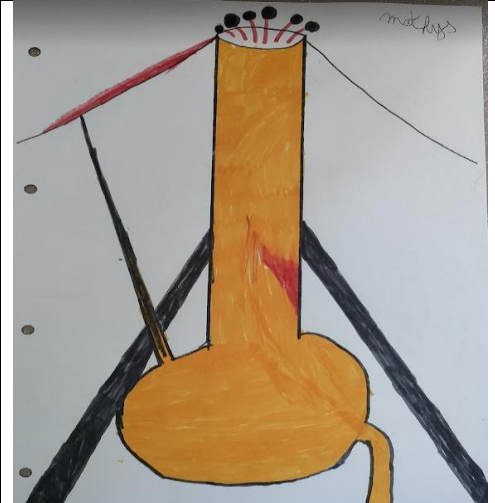
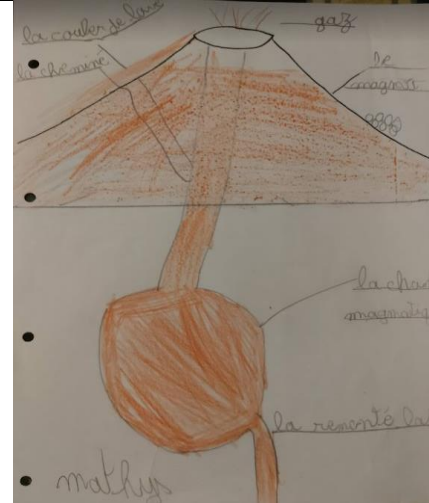
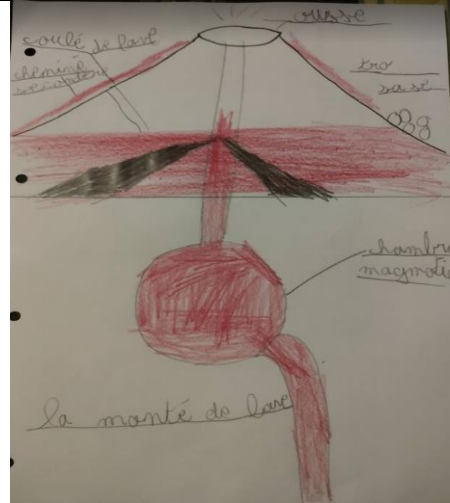
Yliès		Absent	Absent	
-------	---	--------	--------	---

Commentaire : entre le premier schéma (prise de conceptions initiales) et le dernier schéma, cela n'a pas tellement évolué. En effet, l'élève représente toujours une chambre magmatique mais toujours avec plusieurs cheminées qui partent de la chambre et qui ne remontent pas jusqu'au cratère. Une évolution est marquante : celle de ne plus colorier le fond du volcan en rouge. **Nous ne pouvons pas prendre en compte ce résultat car Yliès était absent le jour de la fabrication et de l'éruption volcanique. Nous ne le prendrons pas en compte dans nos conclusions.**

Malvina			Absente	
---------	--	---	---------	--

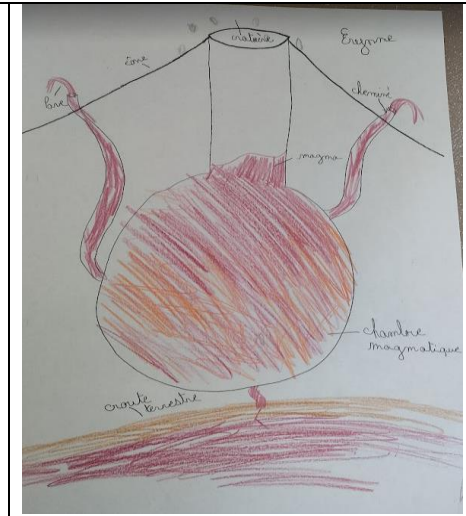
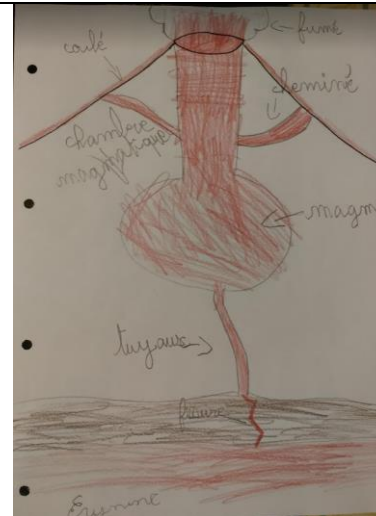
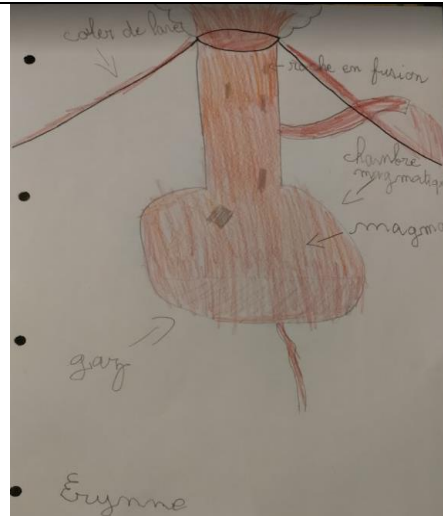
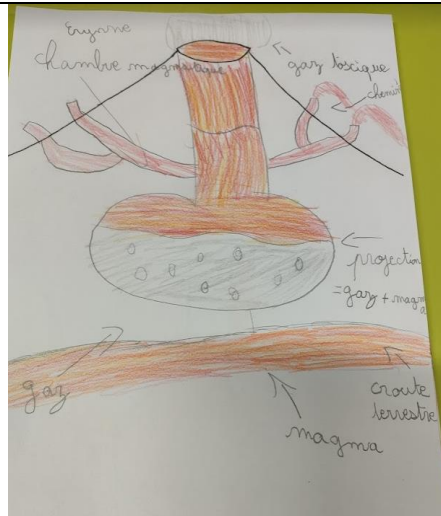
Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, Malvina colorie l'intérieur du volcan en rouge et le bas du volcan en gris. Sur le second schéma avant de modéliser, il y a une évolution puisque la chambre magmatique est représentée ainsi qu'une cheminée principale aboutissant au cratère. Elle écrit les termes adéquats comme chambre magmatique ou magma. Il y a toujours ce fond orangé colorié sous la chambre magmatique. **Cette élève a été absente lors de la séance de fabrication du modèle donc nous ne prendrons pas en compte ses résultats.** Nous constatons une évolution durable des conceptions car 3 mois après, elle représente toujours bien la chambre magmatique et la cheminée principale.

Mathys



Commentaire : Sur le premier schéma, l'élève a colorié toute la structure interne du volcan en orange. Il a représenté une cheminée principale allant jusqu'au cratère et une chambre magmatique. Il n'y a aucune annotation. Sur le second schéma, plusieurs évolutions sont notables : l'écriture de termes scientifiques (chambre magmatique, coulée de lave). Il ne remplit plus toute la structure interne de lave. En revanche, il ne fait pas la distinction entre lave et magma. Le 3^{ème} schéma après avoir modélisé est identique au second à part le magma qu'il colore en orange à la place du rouge. **Le modèle a eu un impact favorable.** Enfin, le dernier schéma représente une chambre magmatique, une cheminée principale très large ainsi que 2 cheminées secondaires en noir qui vont vers le bas.

Erynne



Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, Erynne représente une chambre magmatique avec les termes de gaz et de magma. Sous la chambre, elle schématise en fond orangé une croûte terrestre. Une cheminée principale remonte jusqu'au cratère ainsi que 2 cheminées secondaires.

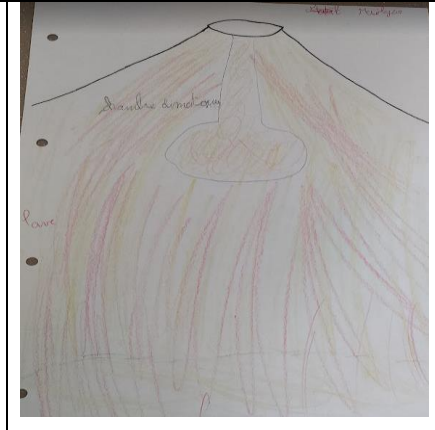
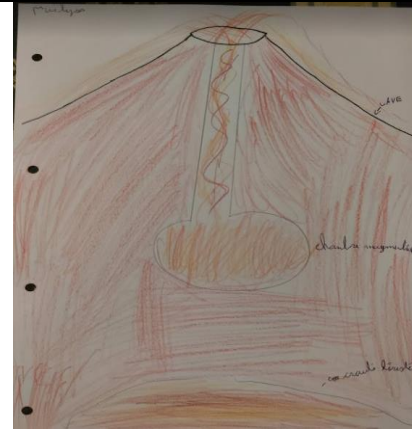
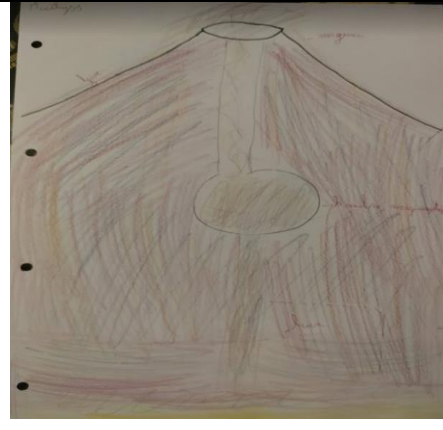
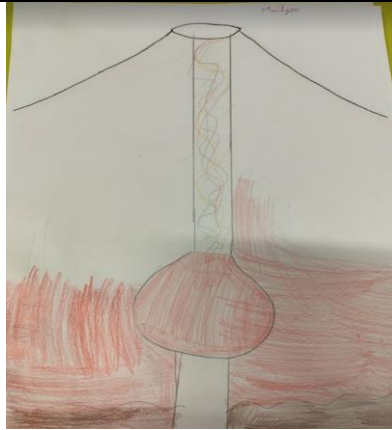
Elle possède des conceptions initiales correctes.

En ce qui concerne, le second schéma de prise de conceptions intermédiaires, elle représente toujours une chambre magmatique reliée à une cheminée principale allant jusqu'au cratère. Elle fait bien la distinction entre magma (à l'intérieur) et lave (à l'extérieur). Une apparition de carrés noirs qu'elle nomme « roches en fusion » sont présents dans la cheminée.

Sur le 3^{ème} schéma après avoir modélisé, cette élève dessine un tuyau sous la chambre qui est relié à une fissure (**peut-être que le modèle PE avec le tuyau qui relie le dessous de la bouteille à la seringue a généré chez elle de fausses représentations**). Son schéma a évolué puisqu'elle ne représente plus les carrés noirs (**roches en fusion**).

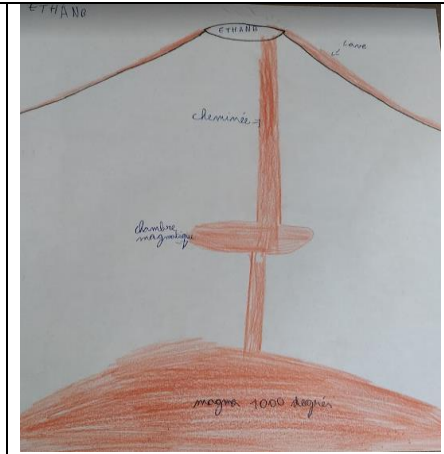
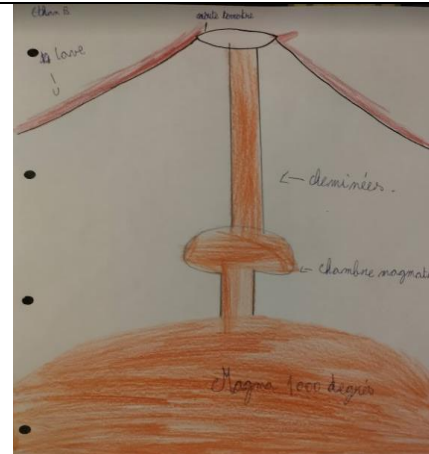
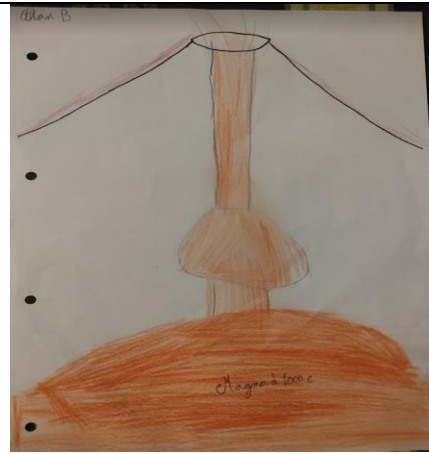
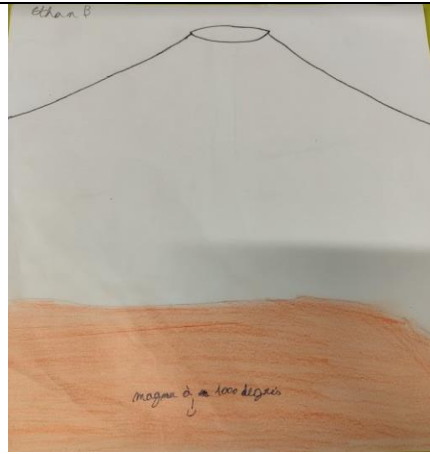
Enfin, sur le dernier schéma, nous pouvons remarquer qu'elle a représenté une chambre magmatique avec la croûte terrestre sous la chambre et une cheminée.

Mailiss



Commentaire : Sur le schéma de relevé de conceptions initiales, elle a représenté une chambre magmatique ainsi qu'une cheminée principale mais sans annotation. Elle a colorié l'intérieur de la chambre en rouge. **Ses conceptions initiales étaient correctes.** Sur le second schéma (conceptions intermédiaires), Mailiss nomme cette fois la chambre magmatique. Cependant, elle annote « magma » à l'extérieur du volcan. Elle colore l'intérieur de la structure du volcan en gris alors qu'elle avait utilisé du rouge auparavant. Sur le 3^{ème} schéma après avoir modélisé, elle fait bien la distinction entre magma et lave puisqu'elle annote « lave » à l'extérieur. Elle annote aussi croûte terrestre sous la chambre. En revanche, elle colore toute la structure interne en rouge. **Le modèle lui a permis d'évoluer uniquement sur certains points.** Sur le dernier schéma, la chambre magmatique est placée très proche du cratère, une cheminée principale est présente. Elle colore à nouveau l'ensemble de la structure interne qui n'a pas lieu d'être.

Ethan B



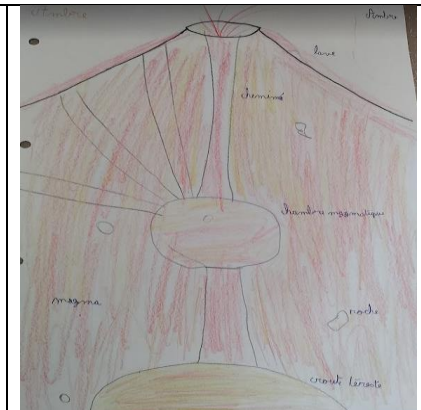
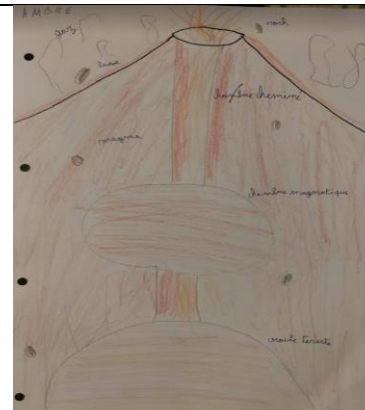
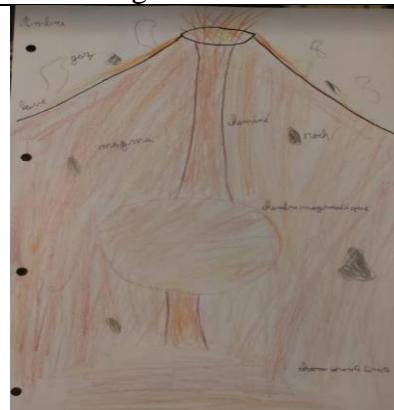
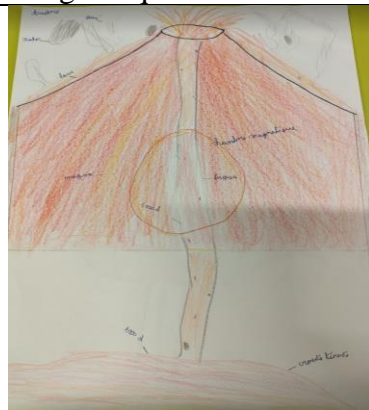
Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, Ethan a représenté un amas de couleur orange au bas de la structure interne et a annoté « magma à 1000 degrés ». Sur le second schéma (conceptions intermédiaires), ses conceptions ont évolué favorablement puisqu'il y a présence d'une chambre magmatique et d'une cheminée.

Le 3^{ème} schéma (conceptions finales) est identique au second dans la forme mais il y a présence d'annotations telles que « chambre magmatique », « cheminée ». L'élève fait bien la distinction entre magma à l'intérieur et lave à l'extérieur. En outre, il y a toujours la présence d'un amas orange sous la chambre magmatique.

Le modèle a permis à cet élève de faire évoluer ses conceptions initiales.

Enfin, sur le dernier schéma, nous pouvons constater que **ses conceptions ont évolué de manière durable dans le temps**. Il y a bien présence de la cheminée, de la chambre magmatique et la distinction entre lave et magma.

Ambre



Commentaire : Ambre colorie la structure interne des 4 schémas en orangé.

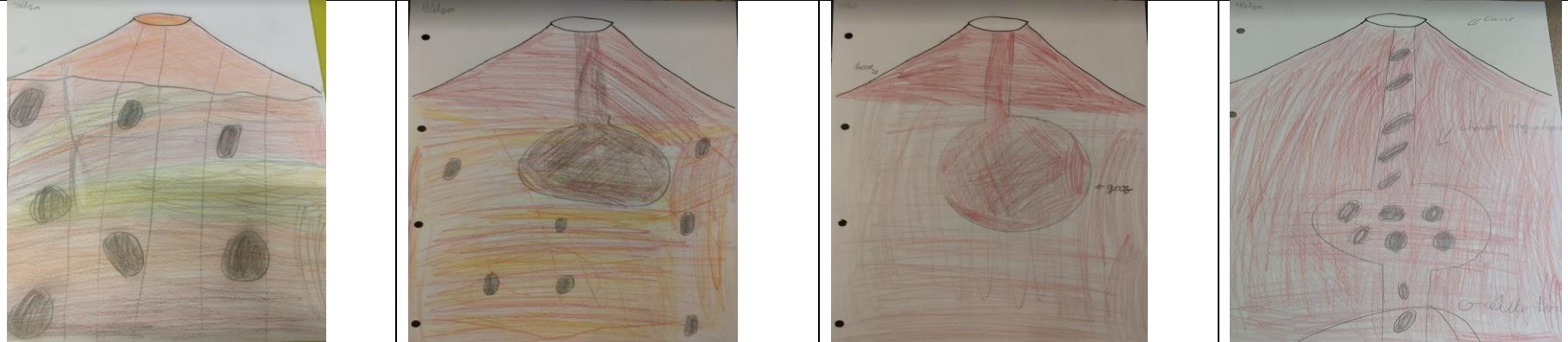
Sur le schéma de prise de conceptions initiales, elle a représenté une chambre magmatique ainsi qu'une cheminée principale qu'elle nomme « tuyau » à ce stade. Sous la chambre, il y a naissance d'un second tuyau allant jusqu'à la croûte terrestre. Elle fait la distinction entre magma et lave. Elle écrit « magma à 1000 degrés ».

Sur le schéma de prise de conceptions intermédiaires, la différence majeure est que le terme « tuyau » est remplacé par celui de « cheminée ». Elle représente toujours la chambre magmatique. Elle ajoute des ellipses noires qu'elle nomme « rochers » éparpillées dans le volcan. Elle fait toujours bien la distinction entre magma et lave.

Sur le 3^{ème} schéma (après modélisation), le schéma est identique à la prise de conceptions intermédiaires. **Le modèle n'a pas fait évoluer ses représentations.**

En ce qui concerne le dernier schéma, l'élève a représenté 3 cheminées secondaires pour la première fois sinon le reste du schéma est identique à la prise de conceptions finales. **Ce qui a évolué de manière durable est l'adoption du terme « cheminée » à la place de « tuyau ».**

Kélya



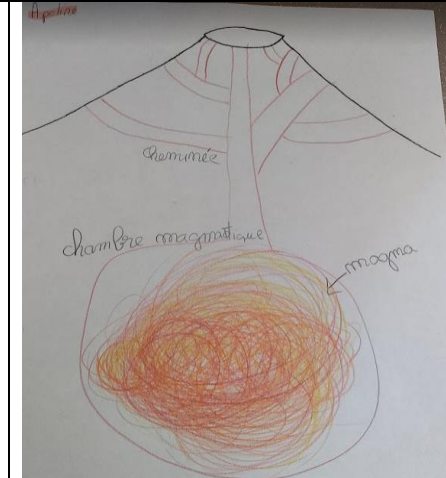
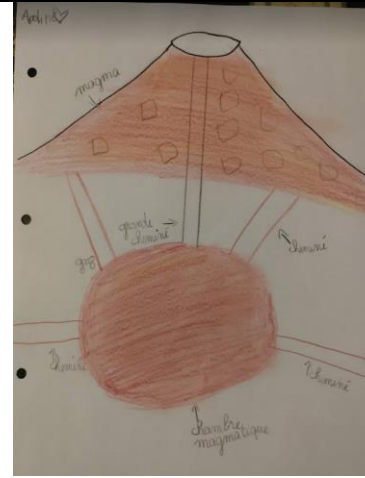
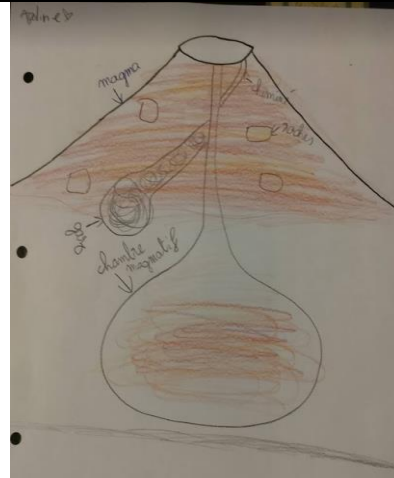
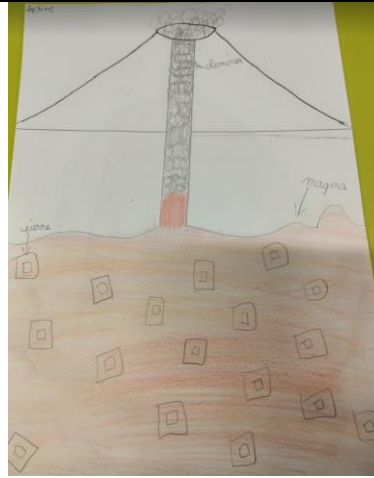
Commentaire : Sur le schéma de conceptions initiales, cette élève pense qu'à l'intérieur d'un volcan, il y a des cercles noirs dissimulés un peu partout. Elle colorie toute la surface interne en gris et orange. Ses conceptions initiales sont donc erronées.

Sur le schéma de prise de conceptions intermédiaires, ces cercles noirs sont toujours présents mais elle ajoute une chambre magmatique reliée à une cheminée allant vers le cratère. Il n'y a aucune annotation.

Sur le 3^{ème} schéma, après avoir modélisé, une évolution est notable : l'absence de cercles noirs. **Elle représente la chambre magmatique en utilisant le terme de gaz à l'intérieur. La modélisation lui a permis de bien comprendre que le gaz est le moteur de l'éruption volcanique. Le modèle a été utile à sa compréhension. En revanche, la structure interne est toujours complètement coloriée en rouge.**

Enfin sur le dernier schéma, **les cercles noirs réapparaissent** dans la chambre et dans la cheminée alors que le reste est identique. **Les évolutions n'ont pas duré dans le temps.**

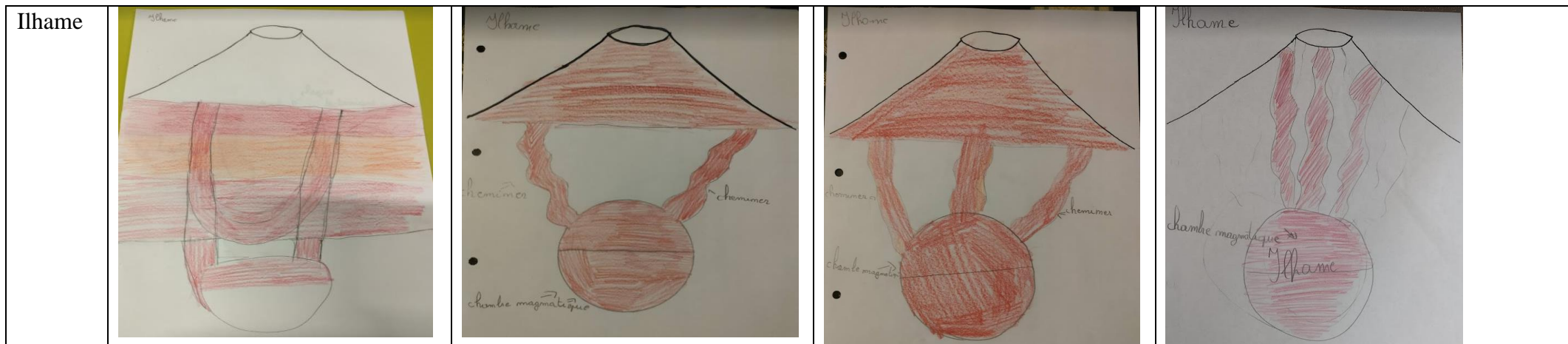
Apoline



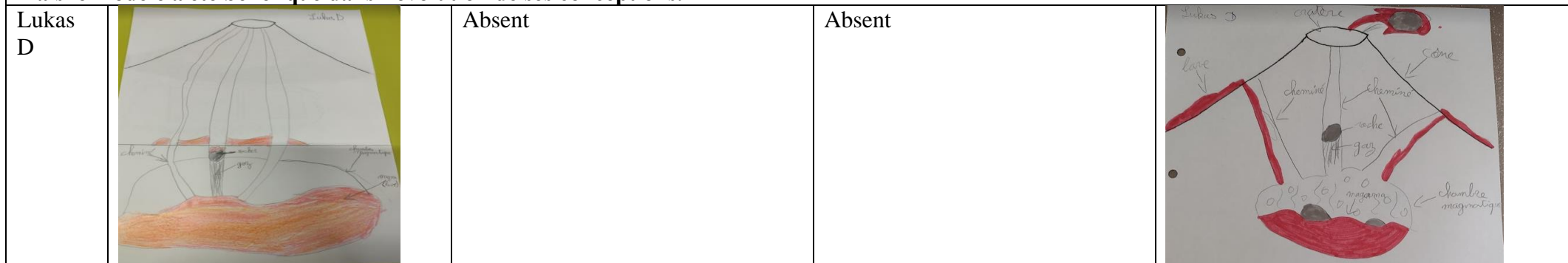
Commentaire : Sur le schéma de prise de conceptions initiales, elle représente des carrés noirs qu'elle appelle « pierres » au bas du volcan. Elle représente une cheminée avec du magma mais pas de chambre magmatique.

Sur le schéma de prise de conceptions intermédiaires, la grande différence est la présence d'une chambre magmatique. Il y a une cheminée et toujours de petits carrés (roches) qui baignent près du cratère. En ce qui concerne le 3^e schéma après la modélisation, Apoline dessine la chambre magmatique mais avec 2 cheminées horizontales, 1 cheminée principale, 2 cheminées secondaires et toujours des carrés. **Le modèle ne lui a pas permis de faire évoluer ses conceptions.**

Sur le dernier schéma, l'élève a bien assimilé de manière durable la présence d'une chambre magmatique contenant du magma. Elle a bien compris qu'il y avait une cheminée principale mais elle a représenté 7 cheminées secondaires.



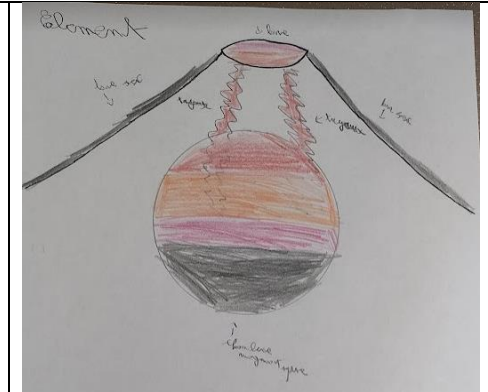
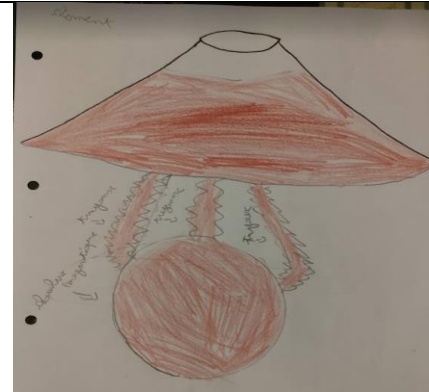
Commentaire : En ce qui concerne le premier schéma, Ilhame a représenté une alternance de strates rouge et orange ainsi qu'une chambre magmatique d'où débouche 2 cheminées verticales n'aboutissant pas au cratère. Il y a aussi un lien reliant les 2 cheminées. Ses conceptions initiales sont erronées. Sur le second schéma (prise de conceptions intermédiaires), elle a représenté une chambre magmatique de forme ronde colorisée en rouge d'où partent 2 cheminées secondaires. En revanche, il n'y a pas de cheminée principale qui remonte jusqu'au cratère. Sur le 3^{ème} schéma (après usage du modèle), la seule différence est qu'elle représente une cheminée principale n'aboutissant pas au cratère pour permettre la remontée du magma. Enfin, sur le dernier schéma, l'élève a représenté une chambre magmatique ainsi qu'une cheminée principale aboutissant au cratère. **Il lui a fallu plus de temps mais le modèle a été bénéfique dans l'évolution de ses conceptions.**



Commentaire : Il a été absent lors de la séance de modélisation donc nous ne prendrons pas en compte ses résultats.

Sur le premier schéma, l'élève a représenté une chambre magmatique où **il confond magma et lave**. Il a aussi dessiné une cheminée principale et 2 cheminées secondaires. Cet élève écrit gaz dans la cheminée principale. Il a déjà connaissance de la présence de gaz. Il colorie en orange la chambre magmatique. Sur le dernier schéma, **il réalise bien la distinction entre magma à l'intérieur et lave à l'extérieur**. Il a donc évolué positivement. Ici, la lave et le magma sont de couleur rouge alors qu'ils étaient orange au départ. Il y a présence d'une cheminée principale, de 2 cheminées secondaires. Les termes « gaz » et « cratère » sont bien placés. **Les conceptions de cet élève ont évolué malgré le fait qu'il n'ait pas assisté à la séance de modélisation. Il a par ailleurs vu les vidéos et les photos tout au long de la séquence.**

Clément

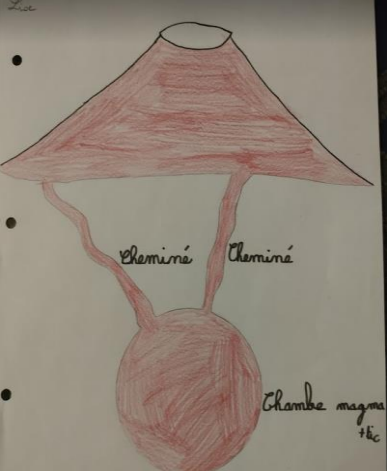
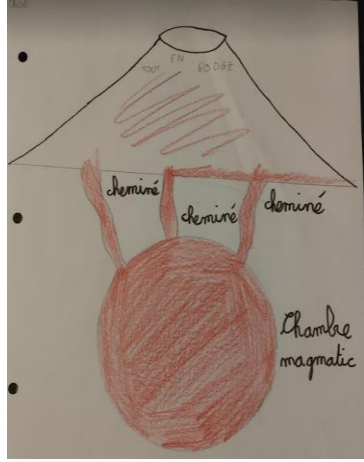
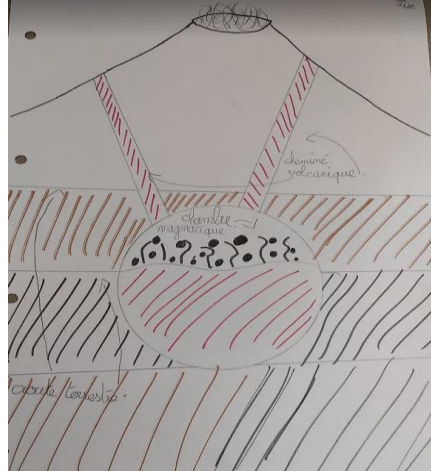


Commentaire : Sur le premier schéma (conceptions initiales), l'élève a représenté un empilement de 3 couches de couleur différentes : rouge, rose et noire. Il a ensuite représenté 2 carrés sous ces 3 couches. Ses conceptions sont erronées.

En ce qui concerne le second schéma (prises de conceptions avant de modéliser), il a représenté une chambre magmatique ainsi que 2 cheminées secondaires qui rejoignent une cheminée principale. **La cheminée principale ne remonte pas jusqu'au cratère et il nomme les cheminées « tuyaux ».** Il s'agit d'une fausse représentation. Il a aussi écrit « **boules de charbon** » en sortie du cratère. Il s'agit encore d'une fausse représentation.

Sur le 3^{ème} schéma après introduction du modèle, cet élève représente une chambre magmatique mais avec **3 cheminées qu'il nomme toujours « tuyaux » et aucune d'entre elles ne remonte au cratère. Ses conceptions n'ont pas évolué après usage du modèle.**


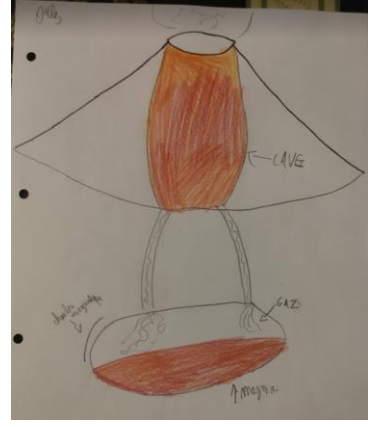

Enfin, sur le dernier schéma, Clément représente une chambre magmatique avec 4 couleurs superposées : rouge, orange, rose et noir. **Il revient à sa conception initiale qui est toujours présente malgré la réalisation de la séquence. Le terme « tuyau » est aussi toujours mentionné. Malheureusement, cette conception erronée dure dans le temps.**

Lise	Absente	 <p>A hand-drawn diagram of a volcano. The volcano is a simple cone with a circular crater at the top. Below the crater, there is a large, rounded, red-shaded area representing the magma chamber. Two vertical lines, also shaded in red, extend from the chamber to the crater, representing secondary chimneys. The word 'cheminée' is written twice, once next to each chimney. The label 'Chambre magmatique' is written at the bottom right of the chamber.</p>	 <p>A hand-drawn diagram of a volcano. The volcano is a simple cone with a circular crater at the top. Below the crater, there is a large, rounded, red-shaded area representing the magma chamber. Three vertical lines extend from the chamber to the crater. The leftmost and rightmost lines are shaded in red and labeled 'cheminée'. The middle line is not shaded and does not reach the crater. The label 'Chambre magmatique' is written at the bottom right of the chamber.</p>	 <p>A hand-drawn diagram of a volcano. The volcano is a simple cone with a circular crater at the top. Below the crater, there is a large, rounded, red-shaded area representing the magma chamber. A black-shaded area above the chamber represents the crust. A vertical line extends from the chamber to the crater, but it is not shaded. The label 'chambre magmatique' is written inside the chamber, and 'croûte terrestre' is written at the bottom left. The label 'cheminée volcanique' is written next to the chimney.</p>
------	---------	--	--	--

Commentaire : Sur le premier schéma, Lise a représenté une chambre magmatique coloriée en rouge. Elle a dessiné 2 cheminées secondaires. Elle n'a pas schématisé de cheminée principale qui remonte au cratère.

En ce qui concerne le second schéma (prise de conceptions après modélisation), elle a ajouté une cheminée principale n'aboutissant pas au cratère. C'est la seule évolution par rapport au premier schéma.

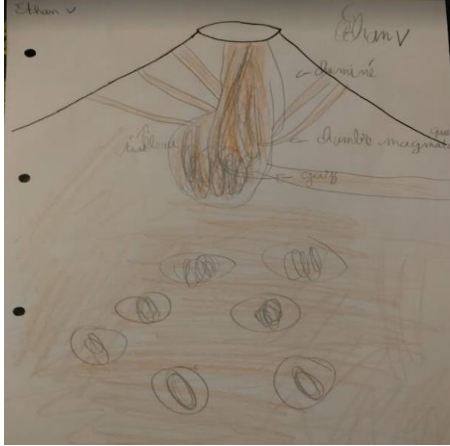

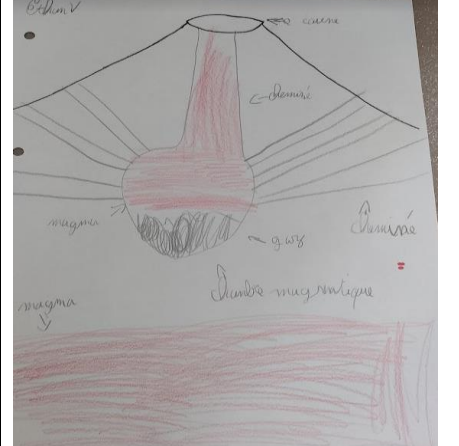
Enfin, sur le dernier schéma (3 mois après la séquence), l'élève a représenté la chambre magmatique, la croûte terrestre. En revanche, la cheminée ne remonte toujours pas jusqu'au cratère. Elle hachure son schéma en rouge et en noir. **Ses conceptions n'ont pas évolué de manière significative vers des conceptions scientifiques.**

Jules	Absent			
-------	--------	--	---	---

Commentaire : Sur le premier schéma, Jules a représenté une chambre magmatique de couleur orange et 2 cheminées intermédiaires partant de la chambre magmatique à une cheminée principale remontant vers le cratère.

Sur le second schéma (conceptions après usage du modèle), Jules a représenté une chambre magmatique à moitié pleine de magma avec le terme « gaz » à l'intérieur. Il a retenu cela grâce à la modélisation. Il confond les termes « lave » et « magma ». Son schéma est assez identique au premier.

Enfin sur le dernier schéma (3 mois après la réalisation de la séquence), il y a oublié de la cheminée principale et il y a ajout de la couleur noire à l'intérieur du volcan. **Ses conceptions n'ont pas évolué de manière durable.**

Ethan V	Absent			
---------	--------	---	--	--

Commentaire : Sur le premier schéma, Ethan a représenté une chambre magmatique ainsi que des cercles noirs à l'intérieur du volcan. Il a aussi dessiné une cheminée principale remontant au cratère. Il a ajouté 5 cheminés secondaires.

Sur le second schéma (après modélisation), il n'y a pas une grande évolution à part l'apparition du terme « gaz » dans la chambre magmatique. Il représente 6 cheminées secondaires.

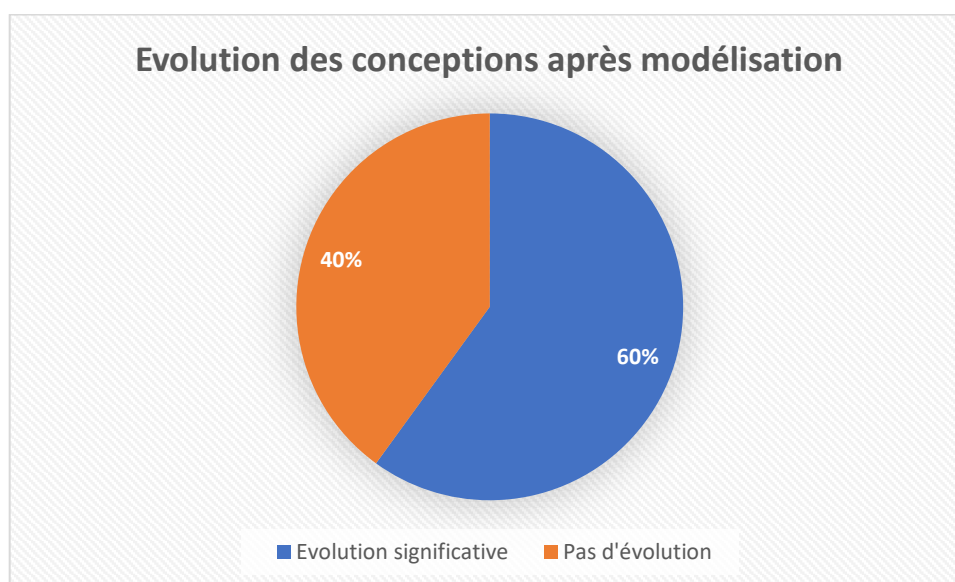
Enfin pour le dernier schéma, il s'agit toujours de la même représentation globale : chambre magmatique, cheminée principale, présence du terme gaz et 6 cheminés secondaires. **Ses évolutions n'ont pas tellement évoluées entre le premier et le dernier schéma.**

Les critères de réussite du schéma qui justifient une **évolution significative** sont :

1. Annotation des termes scientifiques au bon endroit indépendamment des fautes d'orthographe
2. Le vocabulaire scientifique est riche
3. Présence de la chambre magmatique
4. Présence d'une cheminée principale remontant au cratère
5. Couleurs utilisées à bon escient
6. Pas de confusion magma et lave

24 élèves ont schématisé mais nous ne pouvons prendre en compte que ceux présents lors de la séance de modélisation c'est-à-dire : 20 élèves

Evolution significative	En pourcentage	Pas d'évolution	En pourcentage
12 élèves sur 20	60 %	8 élèves sur 20	40%



Commentaire général sur l'évolution des conceptions au travers de ces quatre schémas de structure interne du volcan :

Comme nous pouvons le constater sur le diagramme ci-dessus, les conceptions ont évolué de manière durable pour **60 %** des élèves et il n'y a pas eu d'évolution pour **40 %** d'entre eux. Par conséquent, le modèle n'a pas joué un rôle sur l'évolution des conceptions pour ces élèves. En effet, ces derniers sont restés bloqués sur leurs conceptions initiales, peut-être qu'une nouvelle utilisation du modèle ou plus de temps leur aurait été utile. Malgré la fabrication et l'utilisation du modèle et les apports notionnels sur le sujet, **certain obstacles épistémologiques** sont difficiles à dépasser et nous supposons que le temps permettra une évolution. De plus, les progrès ne sont pas systématiques, certains élèves peuvent avoir besoin de plus de temps pour que leurs conceptions changent. **En ce qui concerne la prise de conceptions réalisée 3 mois après la séquence, je n'ai pas prévenu les élèves en amont volontairement afin d'éviter que cela soit juste une simple restitution de connaissances où les élèves auraient appris leurs schémas par cœur pour l'occasion.**

Nous constatons deux types de situation :

- 1) les conceptions initiales ont perduré chez les élèves qui n'ont pas tenu compte de l'apport théorique
- 2) les élèves chez qui on constate une évolution ont abandonné leurs conceptions au profit de la conception scientifique

En outre, le modèle présente des limites, il ne peut pas tout expliquer et n'est finalement pas bénéfique pour tous les élèves. Il a aussi pu engendrer des erreurs dues aux différences entre modèle et réalité.

Par ailleurs, ce qui a pu jouer sur l'obtention de ces résultats est l'heure et le jour du relevé de conceptions (lien avec la chronobiologie et les rythmes de la journée de l'enfant). De plus, des biais non volontaires de ma part lorsque j'ai mis en place la séquence ont pu être produits comme un usage du langage infraverbal plus appuyé par moments. De surcroît, le contexte ou l'état émotionnel de l'enfant ont pu jouer sur les résultats obtenus. Enfin, les élèves ont construit et utilisé leur modèle en groupe. Les résultats auraient pu être différents si chaque élève avait réalisé son propre modèle. En raison du matériel disponible et de la gestion de classe, c'était plus aisé que les élèves manipulent en groupe. De plus, l'interaction sociale a permis de générer des conflits socio-cognitifs. Par ailleurs, la

modélisation est une voie d'investigation qui demande beaucoup de temps, elle génère de l'agitation et parfois des conflits entre élèves. Enfin, peut-être que mes choix de documents didactiques n'étaient pas pertinents pour certains élèves.

Améliorations possibles de la forme de relevé de conceptions et de la séquence :

J'aurai pu demander aux élèves de schématiser mais aussi d'ajouter quelques phrases explicatives sous le schéma afin de comprendre et d'analyser plus finement leurs conceptions. En effet, Allain J-C (1995), dans un article intitulé « Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre : conceptions d'élèves de huit à dix ans », avait demandé à ses élèves de réaliser un schéma et d'y ajouter quelques phrases explicatives. Il affirmait que combiner schéma et phrases étaient bénéfiques.

En outre, pour les élèves qui n'ont rien annoté sur leurs schémas, j'aurai pu passer dans les rangs pour les faire verbaliser sur leur ébauche de schémas mais cela m'aurait demandé énormément de temps et j'aurai dépassé le créneau alloué pour les sciences. Par ailleurs, si j'avais eu plus de temps, j'aurai pu enregistrer grâce à un dictaphone chaque élève une fois son schéma réalisé afin de comprendre ses représentations de la structure interne du volcan. J'aurai ensuite retranscrit ces enregistrements.

Peut-être que si la séquence avait été réalisée avec d'autres dispositions pédagogiques et didactiques, cela aurait été plus bénéfique. Par exemple, j'aurai pu faire travailler les élèves en binôme ou en groupe au moment de la schématisation de la structure interne comme cela les échanges entre pairs et les interactions auraient peut être permis de remettre en question plus facilement leurs conceptions initiales. J'aurai aussi pu laisser un temps de schématisation en individuel puis un temps en groupe. Une autre idée aurait pu être envisagée : celle de demander aux élèves quelque mois après la séquence, d'expliquer à un autre élève d'une autre classe n'ayant pas assisté à la séquence de quoi est constitué l'intérieur d'un volcan.

VI) Analyse de l'évaluation qui a eu lieu en séance 6

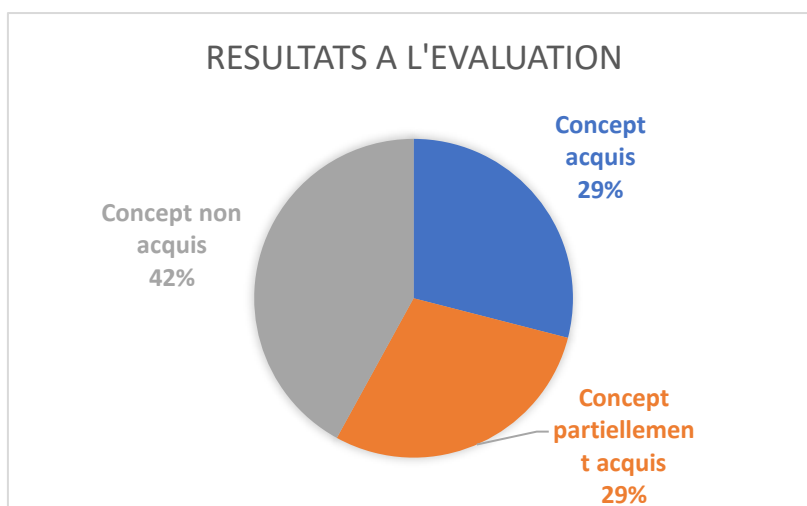
En annexe p. 126 et 127 figurent quelques évaluations d'élèves.

Tableau récapitulatif des résultats de l'évaluation :

Items	Nombre d'élèves ayant eu la bonne réponse	En pourcentage	Nombre d'élèves ayant une mauvaise réponse	En pourcentage	Absence de réponse	En pourcentage
Question 1 (schéma légendé du volcan)	16 bonnes réponses sur 21 élèves	76 % de bonnes réponses	5 sur 21	24 % de mauvaises réponses	0	0
Question 2 (description des 2 types de volcanisme)	8 bonnes réponses sur 21 élèves	38 %	5 sur 21	24%	8 élèves sur 21 n'ont pas répondu	38 %
Question 3 (lien modèle et réalité)	5 élèves sur 21 ont bien répondu	24%	14 sur 21	67%	2 élèves sur 21 n'ont pas répondu	9 %

Tableau d'analyse globale sur les 3 questions de l'évaluation :

Concept acquis	Concept partiellement acquis	Concept non acquis
6 sur 21 élèves	6 sur 21 élèves	9 sur 21 élèves
29 %	29 %	42 %



Commentaire sur les résultats :

Nous pouvons constater que pour la première question de l'évaluation, 76 % des élèves ont acquis le concept scientifique. En revanche, pour la deuxième question sur la distinction entre les 2 types de volcanisme (effusif et explosif), il n'y a eu que 38 % de bonnes réponses et le même score d'absence de réponses.

Nous pouvons remarquer que les élèves ne font pas la distinction entre le modèle et la réalité en question 3. En effet, le score de mauvaises réponses est de 67 %, ce qui est énorme par rapport aux 24 % de bonnes réponses. J'ai pourtant sans cesse confronter le modèle à la réalité par le biais de vidéos et de photos mais cela n'aura pas été suffisant.

Enfin, **29 %** des élèves ont eu une réponse correcte aux 3 questions de l'évaluation.

VII) Transcription et analyse des entretiens directifs avec les professeurs des écoles

Les entretiens ont été enregistrés avec l'accord des enseignants. J'ai choisi de ne pas expliquer dans le détail ma question de recherche aux interviewés par peur que cela biaise l'échange. **En effet, il existe un biais de désirabilité c'est-à-dire un biais où la personne interviewée cherche à dire ce que le chercheur veut entendre. L'interlocuteur pourrait avoir tendance à anticiper mes attentes et à répondre en ce sens.** En effet, le sociologue Erving Goffman a montré dans son ouvrage *La Présentation de soi* que dans les situations de face-à-face, tout sujet cherche d'abord à donner une image positive de lui-même qu'il connaisse ou non son interlocuteur.

Voici les règles que j'ai suivies pendant ces trois entretiens :

1. Mettre en confiance l'interlocuteur
2. Ne pas porter de jugement de valeur
3. Poser une question à la fois
4. Poser les questions dans les mêmes termes et dans le même ordre quel que soit l'entretien
5. Privilégier des réponses ouvertes
6. Relancer l'entretien en demandant des précisions

7. Ne pas avoir peur des silences et ne pas couper la parole
8. Demander à préciser les « ils », les « on »

J'ai choisi dans les transcriptions de prendre en compte les silences, les hésitations, les tics de langage. En outre, le lieu où se déroule l'entretien, l'heure de la journée, le jour de la semaine, la durée, la mise en confiance de l'interviewé ainsi que ses connaissances antérieures sur le sujet ont des effets sur les résultats. Mes gestes, mes intonations, ma posture, ma qualité d'écoute impactent également les réponses apportées.

Légende de la transcription :

AZ : mes interventions en gras

E : les réponses de l'enseignante

(.) : pause courte

Premier entretien directif :

Date : le jeudi 19 janvier 2023 à 16h30

Durée : 30 minutes (16h30 à 17h)

Lieu : dans la classe de l'enseignante à l'école maternelle Jean Baptiste Lebas d'Auberchicourt (circonscription de Douai-Cantin)

1	AZ	Depuis combien d'années exercez-vous en tant que professeur des écoles ?
2	E	J'exerce depuis septembre 2002 c'est-à-dire depuis 21 ans déjà (sourire)
3	AZ	Dans quel niveau de classe exercez-vous ?
4	E	Je suis enseignante en Moyenne et Grande section depuis 10 ans
5	AZ	Combien d'élèves comporte votre classe ?
6	E	Cette année j'ai 23 élèves
7	AZ	Quelles études supérieures avez-vous effectuées ?
8	E	Je suis issue d'un cursus scientifique. J'ai effectué après le baccalauréat une classe préparatoire mathématiques puis j'ai continué en maîtrise de mathématiques.
9	AZ	Etes-vous à l'aise avec l'enseignement des sciences ? Pourquoi ?

10	E	Euh, euh, oui car j'ai une appétence pour la matière étant issue d'un cursus scientifique
11	AZ	Que sont les conceptions initiales des élèves ?
12	E	(Hésitation) Euh, eh bien, pour moi, il s'agit du vécu de chaque élève. En effet, ils ont tous un bagage différent et les conceptions sont la verbalisation de ce bagage.
13	AZ	Est-ce que vous recueillez les conceptions initiales des élèves lors des séances de sciences ? Le faites-vous systématiquement ?
14	E	Oui je les prend toujours en compte.
15	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de recueillir les conceptions initiales ?
16	E	Par le langage principalement puisque je suis avec des Moyenne et Grande section, par le dessin aussi ou grâce à l'usage de la pâte à modeler.
17	AZ	Est-ce que vous confrontez les conceptions initiales de vos élèves après les avoir relevées ?
18	E	Oui toujours afin qu'ils soient acteurs de leurs apprentissages.
19	AZ	A quel (s) moment (s) de la séquence recueillez-vous les conceptions initiales ?
20	E	Je les recueille toujours au début
21	AZ	Croyez-vous que ce soit utile de recueillir les conceptions initiales ?
22	E	Oui car les enfants ne sont pas vierges de connaissances. Ils ont tous un bagage. (Silence). Recueillir les conceptions permet de les accrocher, de les motiver. Parfois, je ramène un objet pour les accrocher.
23	AZ	Quel est l'intérêt de la démarche d'investigation sur l'évolution des conceptions initiales des élèves ?
24	E	(Hésitation) (silence), la démarche permet de donner envie à l'élève de s'engager.
25	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de faire évoluer les conceptions initiales des élèves ?
26	E	Je les fais évoluer par le langage.
27	AZ	Comment savez-vous que les conceptions initiales des élèves ont véritablement évoluées ?
28	E	Je compare les traces dans les cahiers, dans les classeurs, les photos qui témoignent d'une évolution. Je vois aussi les évolutions par le vocabulaire utilisé, le langage, leur intérêt, l'enrôlement dans le projet et leurs ressentis.
29	AZ	Comment définiriez-vous la modélisation en sciences ?

30	E	Euh, euh (silence), c'est produire une trace pour représenter quelque chose comme un modelage en pâte à modeler.
31	AZ	Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences ? Précisez par quelques exemples
32	E	Oui essentiellement le squelette pour apprendre le schéma corporel
33	AZ	A quel (s) moment (s) de la démarche introduisez-vous le modèle ?
34	E	Je l'introduis au milieu de la démarche, en cours de séquence.
35	AZ	Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles ?
36	E	Il n'y a que des points positifs à mon sens : faire évoluer la pensée de l'enfant
37	AZ	Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous-même et/ou par les élèves ?
38	E	Ils sont construits par les élèves le plus souvent et par moi-même à l'occasion
39	AZ	Réalisez-vous des allers et retours entre le modèle et la réalité ? Par quels moyens ?
40	E	Oui, je réalise des allers-retours par exemple lorsque l'on apprend le schéma corporel, les élèves modélisent avec la pâte à modeler. Ensuite, je leur dis de se regarder dans le miroir de la classe, de représenter leur camarade à partir d'une photo.

Deuxième entretien directif :

Date : le jeudi 12 janvier 2023 à 9h (journée de décharge de la directrice)

Durée : 30 minutes (9h/9h30)

Lieu : dans le bureau de la directrice de l'école Marcel Pagnol de Bugnicourt (circonscription de Douai-Cantin)

1	AZ	Depuis combien d'années exercez-vous en tant que professeur des écoles ?
2	E	Alors cela fait 20 ans cette année. Alors je suis directrice de l'école et le jeudi je suis déchargée par une M2 alternante. Je suis sa tutrice terrain.
3	AZ	Dans quel niveau de classe exercez-vous ? Depuis combien d'années exercez-vous à ce niveau ?
4	E	J'exerce en CM1/CM2 depuis 9 ans.
5	AZ	Combien d'élèves comporte votre classe ?

6	E	Cette année j'ai 28 élèves
7	AZ	Quelles études supérieures avez-vous effectuées ?
8	E	J'ai fait des, euh, j'ai un DEUG de biologie et géologie puis une licence en sciences de l'éducation de l'université de Lille.
9	AZ	Etes-vous à l'aise avec l'enseignement des sciences ? Pourquoi ?
10	E	Euh, oui ça va, c'est un domaine qui m'intéresse, qui me motive depuis mon bac scientifique. Quand on est passionné, on a plus de facilités à partager avec les enfants.
11	AZ	Que sont les conceptions initiales des élèves ?
12	E	Alors, pour moi, ce sont les représentations qu'ils se font dans leur tête, une image qu'ils ont de la notion.
13	AZ	Est-ce que vous recueillez les conceptions initiales des élèves lors des séances de sciences ? Le faites-vous systématiquement ?
14	E	Oui toujours. J'essaie toujours de partir des expériences des enfants, de ce qu'ils savent déjà et après on part sur une démarche scientifique (hypothèses, expérience, ...).
15	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de recueillir les conceptions initiales ?
16	E	Je fais toujours un travail à l'oral en collectif.
17	AZ	Est-ce que vous confrontez les conceptions initiales de vos élèves après les avoir relevées ?
18	E	Non je ne les confronte pas systématiquement. Lorsque je le fais, les élèves argumentent un petit peu. Certains enfants essaient d'argumenter sur ce qu'ils pensent (dire où ils ont lu cela, d'où ils tiennent cette information).
19	AZ	A quel (s) moment (s) de la séquence recueillez-vous les conceptions initiales ?
20	E	Au démarrage et à la fin, on voit si certaines conceptions étaient vraies ou fausses. On revient dessus.
21	AZ	Croyez-vous que ce soit utile de recueillir les conceptions initiales ?
22	E	Pour moi, oui, c'est important. Si on ne le fait pas, les enfants vont rester sur leurs idées. Ils ne vont pas forcément comprendre qu'ils étaient dans le faux.
23	AZ	Quel est l'intérêt de la démarche d'investigation sur l'évolution des conceptions initiales des élèves ?
24	E	Alors, ben, l'intérêt, c'est de les faire manipuler. Ils comprennent beaucoup mieux en manipulant. La démarche permet de les faire interagir ensemble et cela les amène vers des preuves.
25	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de faire évoluer les conceptions initiales des élèves ?

26	E	Par la manipulation et l'expérimentation.
27	AZ	Comment savez-vous que les conceptions initiales des élèves ont véritablement évoluées ?
28	E	Alors ça, la permanence de l'évolution des conceptions, ce n'est pas toujours évident. Je crois qu'on n'est jamais sûr qu'au bout de 3 ou 6 mois, ils en auront encore conscience. Moi, je pense que s'ils ont fait des expériences qui les ont marquées (regarder des vidéos, des webcams des volcans en direct par exemple, on va faire des petites expériences). Il faut que cela les marque pour que cela reste ancré. Si simplement, on fait passer un power point ou alors faire passer une fiche, je pense que cela ne va pas les marquer. Un enseignement trop frontal n'est pas bon car on perd les élèves. Les générations de maintenant ont besoin d'être dans du dynamique tout le temps. Maintenant avec internet, on a l'information facile alors il faut donner une bonne raison aux élèves de venir en classe.
29	AZ	Comment définiriez-vous la modélisation en sciences ?
30	E	Euh, alors, ça, euh... Franchement, c'est une bonne question. Pour moi, c'est essayer de rendre concret les choses et que ce soit quelque chose qui soit reproductible et qui permet de manipuler.
31	AZ	Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences ? Précisez par quelques exemples
32	E	Oui alors les planètes, le système solaire, on a reproduit les planètes avec du carton pour que les élèves voient les échelles des planètes alors qu'avec les boules de polystyrène c'est impossible. On a vu le cycle de la lune (lampe de poche, globe terrestre, balle pour faire la lune). Travail sur les ombres, le volcan aussi en papier mâché.
33	AZ	A quel (s) moment (s) de la démarche introduisez-vous le modèle ?
34	E	Plutôt en milieu de démarche.
35	AZ	Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles ?
36	E	En points positifs, l'attrait que les enfants vont avoir pour le modèle, la motivation. En point négatif : l'organisation que cela demande. Avec 28 élèves c'est dur de tout gérer.
37	AZ	Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous-même et/ou par les élèves ?
38	E	J'essaie que cela soit majoritairement fait par les élèves sauf si cela est dangereux.
39	AZ	Réalisez-vous des allers et retours entre le modèle et la réalité ? Par quels moyens ?
40	E	Oui absolument. Introduire des vidéos. Est-ce que dans la réalité cela se passe réellement comme cela ? La modélisation a vraiment sa place à l'école.

Troisième entretien directif :

Date : le vendredi 24 mars 2023 à 17h

Durée : 30 minutes (17h/17h30)

Lieu : dans la classe de l'enseignante à l'école Georges Brassens de Marchiennes
(circonscription de Douai-Cantiv)

1	AZ	Depuis combien d'années exercez-vous en tant que professeur des écoles ?
2	E	J'exerce depuis 2 ans. Je suis en effet T1 cette année en tant que coordonatrice ULIS au sein de l'école avec des élèves à déficience mentale (autisme, TDAH).
3	AZ	Dans quel niveau de classe exercez-vous ? Depuis combien d'années exercez-vous à ce niveau ?
4	E	J'exerce du CP au CM2 mais avec des élèves aux besoins réels de la TPS au CM2. C'est un enseignement très prenant.
5	AZ	Combien d'élèves comporte votre classe ?
6	E	J'ai 13 élèves dont 8 qui sont en attente d'une place en IME sachant qu'il y a 4 ans d'attente en moyenne.
7	AZ	Quelles études supérieures avez-vous effectuées ?
8	E	J'ai obtenu un bac scientifique puis j'ai réalisé 1 an en licence LEA anglais/chinois et je me suis réorientée en sciences du langage et du comportement puis j'ai eu un master MEEF. J'ai obtenu le CRPE du premier coup en 2021.
9	AZ	Etes-vous à l'aise avec l'enseignement des sciences ? Pourquoi ?
10	E	Oui je suis très à l'aise. Je suis bonne oratrice et j'aime les échanges. J'ai le contact facile. Je suis issue d'un bac S donc j'avais déjà une appétence pour les sciences.
11	AZ	Que sont les conceptions initiales des élèves ?
12	E	C'est partir du vécu de l'élève. Par exemple, avec le système solaire comme les élèves ne le voient pas alors leurs conceptions sont souvent erronées.
13	AZ	Est-ce que vous recueillez les conceptions initiales des élèves lors des séances de sciences ? Le faites-vous systématiquement ?
14	E	C'est essentiel, oui je le fais systématiquement. Il est nécessaire de partir de ce que savent les élèves pour déconstruire et reconstruire.
15	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de recueillir les conceptions initiales ?
16	E	Souvent, je les recueille à l'oral afin de favoriser les interactions. J'instaure aussi des débats, des questions/réponses. Je peux aussi faire passer un questionnaire ou un kahoot interactif. Je les recueille aussi via un schéma ou des phrases.

17	AZ	Est-ce que vous confrontez les conceptions initiales de vos élèves après les avoir relevées ?
18	E	Pas systématiquement car je n'ai pas suffisamment de temps. En général, je choisis 1 ou 2 conceptions correctes et 3 propositions erronées. J'amène les élèves à se questionner.
19	AZ	A quel (s) moment (s) de la séquence recueillez-vous les conceptions initiales ?
20	E	Toujours en début de séquence.
21	AZ	Croyez-vous que ce soit utile de recueillir les conceptions initiales ?
22	E	C'est utile, cela permet d'impliquer l'élève car cela fait écho à son vécu. Sans cela, on ne peut pas mobiliser l'élève qui ne met pas de sens à la notion.
23	AZ	Quel est l'intérêt de la démarche d'investigation sur l'évolution des conceptions initiales des élèves ?
24	E	Cela permet à l'élève de se questionner et de développer des stratégies pour y répondre.
25	AZ	Comment vous y prenez-vous afin de faire évoluer les conceptions initiales des élèves ?
26	E	Je confronte les conceptions. J'élimine celles qui sont erronées. Les élèves expérimentent pour faire évoluer les conceptions.
27	AZ	Comment savez-vous que les conceptions initiales des élèves ont véritablement évoluées ?
28	E	Au cours de la séquence, je réalise un bilan des connaissances des élèves. Je demande régulièrement aux élèves de résumer ce que l'on a vu. A chaque nouvelle séance, je fais une petite évaluation orale pour voir ce qu'ils ont retenu.
29	AZ	Comment définiriez-vous la modélisation en sciences ?
30	E	C'est l'utilisation de modèles. C'est un modèle explicatif d'un phénomène.
31	AZ	Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences ? Précisez par quelques exemples
32	E	Oui, des modèles sur le système solaire.
33	AZ	A quel (s) moment (s) de la démarche introduisez-vous le modèle ?
34	E	Il est construit au fur et à mesure par les élèves.
35	AZ	Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles ?
36	E	En point positif, le modèle est concret. Réaliser un modèle donne du sens aux apprentissages. En revanche, cela prend beaucoup de temps de le fabriquer.

37	AZ	Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous-même et/ou par les élèves ?
38	E	En général, ils sont construits par les élèves quand on a le temps.
39	AZ	Réalisez-vous des allers et retours entre le modèle et la réalité ? Par quels moyens ?
40	E	Oui car l'école se doit de préparer à la vie. Je fais des allers/retours par le biais de photos, de vidéos et de sorties sur le terrain quand cela est possible. Il est nécessaire de faire des liens avec le réel autant que possible.
41	AZ	Croyez-vous en la valeur pédagogique de la modélisation ?
42	E	Oui, c'est un outil pour expliquer une notion. Le modèle a cet avantage de permettre l'inclusion de tous les profils d'élèves (dyslexiques, dyspraxiques, ...). Tout le monde est à pied d'égalité. Les élèves allophones y arrivent et comprennent. Les élèves ukrainiens aussi car avec le modèle, il n'y a pas de barrière de la langue. Il n'y a pas de stigmatisation.

Commentaire sur les entretiens :

Certaines réponses viennent confirmer celles que nous avons obtenu au questionnaire de recherche. Les trois enseignantes interviewées prennent en compte les conceptions initiales des élèves mais ne les confronte pas systématiquement par manque de temps. Elles introduisent le modèle au milieu de la démarche comme recommandé par les didacticiens. Toutes les trois réalisent des allers/retours entre modèle et réalité.

L'une des enseignantes pointe le fait qu'il faut une expérience marquante pour que les conceptions évoluent durablement.

En point positif du modèle : son côté ludique et attrayant revient comme dans le questionnaire. Il permet aussi l'inclusion de tous les profils d'élèves (dyslexiques, dyspraxiques, allophones, ...) à l'heure où le projet académique de l'Académie de Lille est « **l'excellence inclusive** ».

DISCUSSION SUITE AUX DONNEES RECUEILLIES ET DISCUSSION SUR LE MEMOIRE

La séquence pourrait être améliorée à l'avenir en laissant plus de temps aux élèves pour réfléchir et construire leur pensée. Nous pourrions imaginer mener cette recherche avec plusieurs classes de cycle 3 ou même tester l'impact de la modélisation sur l'évolution des conceptions au cycle 1 et 2 également afin de balayer tous les cycles de l'école primaire.

Par ailleurs, nous pourrions également imaginer une autre séquence en cycle 3 faisant usage du modèle sur la digestion, la respiration ou le système cardio-vasculaire par exemple. Nous pourrions constater si les résultats sont les mêmes qu'avec cette séquence sur les volcans. Nous aurions ainsi une vision plus représentative de l'impact de la modélisation.

Je pense qu'il aurait été judicieux que je construisse une grille d'observation des élèves en cours de séquence afin de recueillir leur façon de penser sur la structure interne des volcans. Je suppose que construire une grille d'observation des comportements des élèves aurait pu m'aider à mieux cerner leurs conceptions.

Enfin entre le questionnaire de recherche et les entretiens individuels, je trouve que ces derniers ont permis d'établir une communication plus intime, plus complète qu'un questionnaire écrit.

CONCLUSION

La problématique de recherche à laquelle nous avons tenté de répondre à travers ce mémoire est : *En quoi l'utilisation d'un modèle de volcan en classe de CM2 peut faire évoluer les conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques ?*

Les deux hypothèses que nous avons formulées étaient :

Première hypothèse : je suppose que l'utilisation de la modélisation à bon escient et au bon moment dans une séquence en sciences permet de faire évoluer les conceptions initiales des élèves.

Deuxième hypothèse : je pense que l'usage du modèle en sciences permet aux élèves de mieux comprendre des phénomènes inaccessibles ou non directement observables mais que le modèle a ses limites et doit être couplé à d'autres voies de la démarche d'investigation (recherche documentaire, ...).

Par la mise en place d'une séquence faisant intervenir le modèle de volcan afin d'évaluer l'évolution des conceptions concernant la structure interne, par la diffusion d'un questionnaire de recherche auprès de professeurs des écoles et par la réalisation d'entretiens individuels avec des enseignants, nous pouvons à présent donner une réponse à notre problématique.

En effet, pour la majorité des élèves c'est-à-dire **60 %**, les conceptions initiales sur le thème des volcans et en particulier sur la structure interne ont évolué favorablement. En revanche, pour **40 %** d'entre eux, les conceptions n'ont pas évolué voire ont même évolué négativement. Sur un temps plus long, nous aurions pu vérifier si une nouvelle utilisation du modèle de volcan ou plus de temps aurait été bénéfique à ces élèves.

Nous pouvons donc confirmer les deux hypothèses posées au début de ce travail de recherche bien qu'il faut nuancer car cette étude a été menée sur un échantillon de 25 élèves d'une classe de CM2 (élèves issus du même environnement et des mêmes classes sociales). Ce faible panel **ne nous permet pas de généraliser nos conclusions. Notre travail de recherche présente donc des limites.** C'est pourquoi il est nécessaire de garder une certaine distance avec les résultats.

Les résultats ne sont représentatifs que de cet échantillon. Ils sont à prendre avec précaution malgré le sérieux et la rigueur engagés. **Il aurait fallu mener une recherche à bien plus**

grande échelle avec un échantillon d'élèves plus varié afin d'obtenir des résultats beaucoup plus significatifs.

De surcroît, nous avons obtenu 28 réponses au questionnaire de recherche et avons réalisé 3 entretiens directifs auprès d'enseignants. Si nous avions mené une étude avec un plus grand échantillon, les résultats auraient été **plus fiables**.

En effet, la modélisation permet à moyen terme une évolution des conceptions initiales vers des conceptions scientifiques. Le modèle permet effectivement de mieux comprendre les phénomènes non directement observables et d'amener les élèves vers l'abstraction. Cependant, elle ne permet pas toujours de les faire évoluer de manière durable dans le temps.

Par ailleurs, comme le préconisent Anne-Marie Drouin et Jean-Michel Rolando, afin que les élèves n'établissent pas de fausses représentations, j'ai pris soin de confronter sans cesse le modèle à la réalité et ce durant toute la séquence au travers de photos, de vidéos mais malheureusement cela n'a pas suffi pour certains élèves à faire évoluer leurs conceptions initiales. Ces élèves ont besoin d'affiner leur pensée, de douter, de comprendre, de se questionner et de mûrir. La modélisation du phénomène est peut-être encore hors de la zone proximale de développement chez ces élèves.

En outre, la conception initiale est toujours plus forte chez certains élèves. Indubitablement, le temps est un outil pédagogique qui permettra à ces élèves d'évoluer favorablement vers le savoir scientifique.

Comme le préconisent les psychologues Jérôme Bruner et Lev Vygotski, j'ai pris soin de confronter les conceptions, de les fragiliser afin de les remettre en cause mais pour certains élèves cela n'a pas été suffisant à une évolution stable dans le temps.

Néanmoins, cette séquence a permis de donner le goût des sciences aux élèves et même de susciter des vocations pour certains. Ils ont adoré la séance de modélisation comme en témoigne les résultats au questionnaire de motivation (72 % d'entre eux ont préféré cette séance). Le modèle a donné du sens aux apprentissages. Comme le dit Perrenoud (1993), « le sens n'advient pas mécaniquement, il se construit, il n'est pas donné d'avance. Il se construit à partir d'une culture, d'un ensemble de valeurs et de représentations ». Nous pouvons confirmer que les élèves étaient acteurs de leurs apprentissages. Ils étaient très investis. C'est bien l'un des objectifs du programme de sciences. Cette séquence a permis aux élèves d'acquérir un esprit critique et de faire la différence entre un fait et une croyance.

Ce travail de recherche me sera très utile dans ma future carrière d'enseignante. J'ai énormément lu et appris que ce soit des didacticiens en sciences mais aussi au travers de la mise en place de la séquence et des échanges avec les enseignants. **Ce mémoire m'a fait murir concernant ma pratique professionnelle. Il a été très enrichissant et très formateur.**

Dans le cadre de ma formation continue en tant que future professeure des écoles, j'aimerais continuer ce travail de recherche notamment en cherchant si la manière employée afin de relever les conceptions nous permet de mieux comprendre ce que l'élève a en tête et ainsi d'ajuster la séquence en conséquence. Cela m'intéresserait de mener cette recherche en analysant l'impact de la modélisation sur l'évolution des conceptions concernant les 3 cycles de l'école.

Dans le cadre de mon enrichissement professionnel et d'amélioration de mes pratiques, il serait très fécond pour moi de mener une seconde recherche sur un temps plus long afin de récolter un plus grand nombre de données et de pouvoir mieux cerner les résultats obtenus. Enfin, il serait judicieux de continuer ce travail avec plusieurs classes de France en échange avec des professeurs de différentes régions.

BIBLIOGRAPHIE :

• Livres consultés :

- ASTOLFI J-P., 2006 (dir), *Comment les enfants apprennent les sciences ?*, Paris, Retz.
- ASTOLFI J-P., DEVELAY M., 1989, *La Didactique des sciences*, Paris, PUF.
- BACHELARD G., 1938, *La Formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- BRUNER J., 2011, *Le développement de l'enfant : Savoir-faire. Savoir dire*, PUF.
- CONNAC S., 2017, *Enseigner sans exclure : la pédagogie du colibri*, Paris, ESF.
- DOISE W., MUGNY G., 1981, *Le développement social de l'intelligence*, Interéditions.
- FAVRE D., 2015, *Cessons de démotiver les élèves*, Paris, Dunod.
- GIORDAN A., 2008, *Comment enseigner les sciences ?*, Paris, Delagrave.
- GIORDAN A.,1993, *Les conceptions des apprenants*. In J. Houssaye (dir.). *La pédagogie. Une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF.
- GIORDAN A., DE VECCHI G., 1987, *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*, Neuchâtel, Paris, Delachaux et Niestlé.
- GIORDAN A., DE VECCHI G., 2002, *L'Enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?*, Delagrave.
- MEIRIEU P.,1987, *Apprendre... oui mais comment ?*, Paris, ESF.
- REMIGY M.-J., 1993, *Le conflit sociocognitif*. In J. Houssaye (dir.). *La pédagogie. Une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp. 247-257), Paris, ESF.

• Ouvrages de préparation au concours consultés :

- LARUELLE-DETROUSSEL C., LESOT H., 2021, *Sciences et technologie*, concours, devenir professeur des écoles, Paris, Hatier.
- LAGRAULA D., DOUET F., 2022, *Sciences et technologie*, réussir mon CRPE, Nathan.
- RICHARD D., BELLIER J-P., CHEVALET P., JEUNIER B., MARABAL A-M., PILLARD S., 2021, *Sciences et technologie*, Dunod.
- QUILLIEN P-J., (dir), 2021, *L'épreuve écrite de sciences et technologie*, total CRPE, Paris, Ellipses.

• Articles de recherche en sciences de l'éducation et revues interface :

- ROBBES B., 2019, *Qu'est-ce qu'apprendre ?*
- GIORDAN A., 2006, *La culture scientifique*, Cahiers pédagogiques, n°443

- **Articles de recherche en didactique des sciences :**

- ALLAIN, J-C., 1995, Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre : conceptions d'élèves de huit à dix ans, in : Aster, 20, représentations et obstacles en géologie, p.43-60, [en ligne], https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1995_num_20_1_1050
- ASTOLFI, J-P., 1991, Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences. L'exemple de la géologie à l'école élémentaire, in : Aster, 13, p.157-186, [en ligne], <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA013-08.pdf>
- CLEMENT, P., 1991, Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue, digestion-excrétion, Aster n°13, p.133-153, [en ligne], <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA013-07.pdf>
- COQUIDE, M., LE MARECHAL, J-F, 2006, Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts, Aster n°43, p.7-16, [en ligne], <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA043-01.pdf>
- DROUIN, AM., 1988, Le Modèle en questions, Aster n°7, p.1-20, [en ligne], http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9214/ASTER_1988_7_1.pdf?sequence=1
- ORANGE, C., FOURNEAU, J-C., BOURBIGOT, J-P, 2001, Écrits de travail, débats scientifiques et problématisation à l'école élémentaire, Aster n°33, [en ligne], https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2001_num_33_1_1203
- PIERRARD, M-A., 1993, Modéliser les activités scientifiques à l'école élémentaire ? Aster n°16, p.47-75, [en ligne], http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/8576/ASTER_1993_16_47.pdf?sequence=1
- VERIN, A., 1995, Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences, in : Repères n°12, p.21-36, [en ligne], https://www.persee.fr/doc/reper_1157-1330_1995_num_12_1_2155

- **Sites internet :**

Site officiel de l'Académie de Paris, 2022, *Aide aux élèves/Etayage*, [en ligne], https://pia.ac-paris.fr/portail/jcms/pre1_436855/etayage#:~:text=J.,difficult%C3%A9%20du%20processus%20de%20r%C3%A9solution. Consulté le 13 mars 2022.

Fondation la main à la pâte, 2022, *Préparez votre classe*, [en ligne], [https://www.fondation-lamap.org/fr/search-activite-classe?page=2&facet\[jm_indexation_2016\]\[2465\]=2465](https://www.fondation-lamap.org/fr/search-activite-classe?page=2&facet[jm_indexation_2016][2465]=2465). Consulté le 14 mars 2022.

- **Textes institutionnels :**

EDUSCOL, 2021, *Sciences et technologie au cycle 3*, [en ligne], <https://eduscol.education.fr/265/sciences-et-technologie-au-cycle-3>. Consulté le 15 mars 2022.

EDUSCOL, 2021, *Questionner le monde au cycle 2*, [en ligne], <https://eduscol.education.fr/173/questionner-le-monde-du-vivant-de-la-matiere-et-des-objets>. Consulté le 15 mars 2022.

EDUSCOL, 2021, *Explorer le monde au cycle 1*, [en ligne], <https://eduscol.education.fr/117/explorer-le-monde-du-vivant-des-objets-et-de-la-matiere>. Consulté le 15 mars 2022.

- **Mémoires de master :**

- CHEMIN, N., 2004, *Les apports de la modélisation dans l'acquisition des connaissances en astronomie*, mémoire master 2, IUFM d'Orléans-Tours

- CORREIA, M., 2012, *Quels types de représentation peut-on observer chez les élèves de cycle 3 en ce qui concerne le volcanisme ? Quels moyens mettre en place pour les faire évoluer ?*, mémoire Master 2 SMEEF, IUFM de Villeneuve d'Ascq

- SIMON, A., 2015, *L'utilisation de la modélisation en sciences de la Terre*, mémoire master 2 MEEF, ESPE d'Arras.

- VANOVERFELDT, C., 2015, *La modélisation en sciences permet-elle de jouer un rôle important dans l'évolution des conceptions initiales des élèves ?*, mémoire master 2 MEEF, ESPE d' Arras.

ANNEXES

Annexe 1 : questionnaire à destination des PE

Bonjour,

Je suis étudiante en master MEEF 1er degré à l'INSPE de Douai. Dans le cadre de mon mémoire, je réalise une étude sur l'évolution des conceptions initiales des élèves grâce à l'utilisation d'un modèle en cours de sciences.

Ce questionnaire **est anonyme et ne vous prendra que quelques minutes**. Toutes les informations collectées sont utilisées dans un cadre strictement professionnel. Vous pouvez cocher les cases directement sur le document et rédiger vos réponses pour les questions qui le nécessitent.

Merci par avance de votre participation.

Depuis combien d'années exercez-vous en tant que professeur des écoles?

- moins de 5 ans
- de 6 à 10 ans
- de 10 à 20 ans
- de 20 à 30 ans
- 30 ans et plus

Dans quel niveau de classe exercez-vous?

Votre réponse

Combien d'élèves comporte votre classe?

Votre réponse

Votre bac est à dominante

Scientifique

Economique

Littéraire

Autre : _____

Quelles études supérieures avez-vous effectuées?

Votre réponse _____

Etes vous à l'aise dans l'enseignement des sciences?

oui

Non

Justifier votre réponse

Votre réponse _____

Comment définiriez-vous la modélisation en sciences telle qu'elle est évoquée au sein de la démarche d'investigation?

Votre réponse

Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences? Précisez par quelques exemples

Votre réponse

A quel (s) moment (s) de la démarche d'investigation ces modèles ont pu être utilisés en classe?

Votre réponse

Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles?

Votre réponse

Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous même et/ou par les élèves?

Votre réponse

Merci infiniment du temps que vous y avez consacré.

Votre réponse

Annexe 2 : fiches de préparation de la séquence sur le volcanisme en intégralité

Titre de la séquence : Quand la Terre gronde

Sciences et technologie

Cycle 3- CM2

- Qu'est-ce qu'une éruption ? (séance 1)
- D'où vient le magma ? (séance 2)
- Comment le magma fait-il pour remonter ? (séance 3)
- Comment expliquer les différents types d'éruption ? (séance 4 et 5)
- Evaluation (séance 6)

L'objectif de cette partie du programme est de réaliser de l'éducation aux risques majeurs.
L'étude des phénomènes volcaniques est un moyen d'atteindre notre objectif.

Durée de la séquence : celle-ci s'étalera sur 5 semaines car dans les programmes, 2h hebdomadaires sont réservées aux sciences et à la technologie en cycle 3.

Thème dont fait partie cette séquence dans les programmes : « La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement ».

Attendus de fin de cycle :

- Caractériser les conditions de la vie terrestre.
- Identifier les enjeux liés à l'environnement

Compétences et connaissances mobilisées dans la séquence :

- Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage (paysages, géologie locale, interactions avec l'environnement et le peuplement).
- Relier certains phénomènes naturels (tremblements de terre, etc.) à des risques pour les populations
- Phénomènes géologiques traduisant l'activité interne de la Terre (volcanisme, etc.)

Repères de progressivité (BO 2020) : La mise en relation des paysages ou des phénomènes géologiques avec la nature du sous-sol et l'activité interne de la Terre peut être étudiée dès le CM. Les explications géologiques relèvent de la classe de 6^e.

Cycle 3	Niveau : CM2	Discipline : sciences et technologie
Durée : 50 minutes	Séance 1 : Qu'est-ce qu'une éruption ?	
Compétences visées : (d'après le BO n°31 du 30 juillet 2020) Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques (formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale) S'approprier des outils et des méthodes (garder une trace écrite ou numérique des recherches, des observations et des expériences réalisées) Pratiquer des langages (expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit) Se situer dans l'espace et le temps (se situer dans l'environnement et maîtriser les notions d'échelle)		
Domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture mobilisés dans cette séance : Domaine 1 à 5		
Objectif : les élèves doivent avoir découvert ce qu'est une éruption volcanique		
Lien avec les programmes (BO 2020) : « Au cycle 3, les notions déjà abordées sont revisitées pour progresser vers plus de généralisation et d'abstraction, en prenant toujours soin de partir du concret et des représentations de l'élève ».		
Séance décrochée lecture : découverte d'un métier à risque : volcanologue. Lecture d'un article sur Katia et Maurice Krafft puis passage d'une vidéo retraçant leur vie. Maurice et Katia Krafft : un couple explosif - YouTube (5 min 20s).		

Durée	Rôle du PE et activité attendue de l'élève	Matériel/Organisation
10 min	<p>Phase 1 : recueil des conceptions initiales sur les volcans Accroche : le PE demande aux élèves : « <i>qu'est-ce qu'une éruption volcanique ?</i> », « qu'est-ce qu'un volcan pour vous ? », vous pouvez dessiner et écrire quelques phrases pour répondre à cette question dans votre cahier de chercheur.</p> <p>Affichage au tableau des productions pour mise en commun et confrontation des conceptions</p>	<p>Sablier ou time timer 5 min en individuel puis 5 min de mise en commun Cahier de chercheur</p>
20 min	<p>Phase 2 : Avant de faire passer la vidéo : le PE passe la consigne « vous allez regarder la vidéo et me dire ce que vous avez ressenti à la vue de ces images ». Insister sur « ressentir » : je cherche ici à recueillir vos émotions, sentiments. Ecrire cette consigne au tableau (tâche oralisée doublée d'une consigne écrite). Le PE projette au tableau une vidéo spectaculaire de volcan en éruption : celle du Piton de la Fournaise afin d'accrocher les élèves, de les captiver et de susciter leur curiosité. Piton de la Fournaise Eruption du 19 février 2019 - YouTube : https://www.youtube.com/watch?v=zGgm1KI3S-U (4 min 43s).</p>	<p>Oral/collectif Vidéoprojecteur/ Ordinateur</p>

	Le PE écrit au tableau les ressentis des élèves. Faire parler les petits parleurs.	
20 min	<p>Phase 3 : Elaboration de la trace écrite en co-construction entre élèves et PE.</p> <p>Le PE demande aux élèves de prendre leur ardoise, quels sont les mots que l'on a vus aujourd'hui ? (mots à mettre dans le cahier de lexique).</p> <p>Les mots sont : magma (matériau liquide composé de roches en fusion qui se forme à l'intérieur de la Terre), lave (roche fondue produite par un volcan lors d'une éruption), éruption volcanique (moment où des matériaux volcaniques sont rejetés à la surface de la Terre), volcan (relief formé par l'expulsion de matières en fusion).</p> <p>Copie de la trace écrite : <i>sous la croûte terrestre, se trouve le magma, mélange de gaz et de roches en fusion. Le magma remonte parfois à la surface (on appelle alors cela de la lave). Il se forme à cet endroit un volcan.</i></p>	Ecrit/individuel

Séance 2 : D'où vient le magma ?	Durée : 50 min
<p>Compétences visées :</p> <p>Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques (proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème et formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale)</p> <p>S'approprier des outils et des méthodes (utiliser le matériel adapté pour réaliser une expérience, garder une trace écrite des recherches, des observations et des expériences réalisées, organiser en groupe un espace de réalisation expérimentale)</p> <p>Pratiquer des langages (rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis, expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit).</p>	
Domaines du SCCC : domaine 1, 2 et 4	
Objectif : comprendre d'où vient le magma et connaître la structure interne d'un volcan	
Pré-requis : savoir réaliser un schéma scientifique	

Durée	Rôle du PE et activité attendue de l'élève	Matériel/Organisation
10 min	<p>Phase 1 : Le PE demande « qu'est-ce que l'on a vu à la dernière séance ? » (Rebrassage/tissage) Sur l'ardoise, les élèves ont 4 minutes en individuel pour écrire le rappel puis mise en commun à l'oral pendant 2/3 minutes.</p> <p>Les élèves avec l'aide du PE se demandent : d'où vient le magma appelé lave en surface ? Le PE relève ensuite les conceptions initiales qui correspondent donc aux hypothèses des élèves. Mise en commun en confrontant au tableau les conceptions des élèves (doute/remise en question).</p>	Ecrit/individuel Oral/collectif
20 min	<p>Phase 2 : les élèves sont confrontés à un problème de taille pour être en mesure de répondre à cette question : savoir de quoi est constituée la structure interne des volcans.</p> <p>Le PE distribue un schéma à compléter par les élèves. La consigne est : « <i>schématise ce qu'il y a à l'intérieur d'un volcan</i> ». Le PE rappelle les règles d'un schéma scientifique : on peut dessiner ce que l'on ne voit pas « en réalité ». Rappel de la définition d'un schéma : c'est une simplification du réel.</p>	Schéma Ecrit/individuel Cahier de chercheur
10 min	<p>Phase 3 : les élèves conçoivent la démarche expérimentale : amener l'idée de réaliser une recherche documentaire afin de savoir ce qu'il y a à l'intérieur d'un volcan.</p>	Ecrit/individuel

	Le PE distribue un texte explicatif sur la structure interne d'un volcan. Les élèves lisent le texte en individuel puis mise en commun en collectif.	Texte de recherche documentaire sur la structure interne des volcans.
10 min	Phase 4 : Trace écrite constituée du schéma bilan corrigé et d'un texte. Le texte (p.328 du manuel sciences et technologie édition MDI) sera vidéoprojeté.	Oral/collectif puis Écrit/individuel Cahier de chercheur

Séance 3 : comment le magma fait-il pour remonter ?	Durée : 55 min
Compétences visées :	
Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques (formuler une question ou une problématique scientifique ou technologique simple, proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème, proposer des expériences simples pour tester une hypothèse, formaliser une partie de sa recherche sous forme écrite ou orale)	
S'approprier des outils et des méthodes (utiliser le matériel adapté pour réaliser une expérience)	
Pratiquer des langages (rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis ; expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit)	
Domaines du SCCC : 1, 2 et 4	
Objectif : poser les hypothèses pour fabriquer un modèle de volcan	
Pré-requis : savoir réaliser un schéma scientifique	

Durée	Rôle du PE et activité de l'élève	Matériel/Organisation
10 min	<p>Phase 1 : Le PE demande « qu'est-ce que l'on a vu à la dernière séance ? » (rebrassage/tissage) Nous savons maintenant d'où vient le magma mais nous nous demandons à présent comment fait-il pour remonter en surface ?</p> <p>Les élèves se demandent maintenant : Qu'est-ce que l'on peut faire pour comprendre comment le magma fait-il pour remonter ?</p> <p>Les élèves émettent leurs hypothèses qui correspondent aux conceptions initiales. Confrontation des conceptions à l'oral au tableau.</p>	Oral/collectif
30 min	<p>Phase 2 : modélisation et simulation d'une éruption volcanique effusive</p> <p>Le PE demande aux élèves comment faire pour répondre à cette question. Les élèves avec l'aide du PE conçoivent la démarche expérimentale. Ils sont acteurs de leurs apprentissages.</p> <p>C'est aux élèves de trouver l'idée de fabriquer/construire un modèle de volcan. Le PE questionne les élèves sur le matériel disponible en classe dont on aurait besoin pour le fabriquer. Les élèves écrivent leurs hypothèses, dessinent un modèle de volcan et écrivent la liste de matériel en groupe.</p> <p>Le PE distribue un seul papier à chaque groupe afin qu'ils se mettent d'accord sur une seule version.</p> <p>Chaque groupe confronte leurs hypothèses et explique la procédure qu'il a imaginée. On se met d'accord sur un modèle de volcan et on rédige la fiche technique.</p>	<p>Matériel pour chaque groupe :</p> <p>Nappe sur les tables. Modèle de volcan (bouteille en plastique et feutrine noire qui représente le cône), vinaigre blanc, marc de café, gouache rouge, entonnoir, liquide vaisselle, plateau, cuillère à café, verre.</p>

	<p>Le PE distribue le protocole déjà rédigé. Avant de commencer, le PE demande : quelle va être l'utilité de chacun des éléments que l'on a mis ? Pour le bicarbonate et le vinaigre : le PE propose aux élèves une expérience qui va les aider à trouver. Il montre une bouteille d'eau plate qu'il secoue et ouvre, puis il fait la même chose avec une bouteille d'eau gazeuse. Les élèves pensent immédiatement aux bulles. Par le questionnement, l'enseignant les guide vers le terme de GAZ. Lorsque l'on verse le vinaigre blanc sur le bicarbonate de soude, il y a une réaction chimique qui crée du CO₂. Celui-ci a fait augmenter la pression dans la bouteille et a entraîné le liquide vers le haut.</p> <p>Dans chaque groupe, on met 6 cuillères à café de marc de café (simule les poussières et projections émises) dans la bouteille à l'aide de l'entonnoir, puis on verse du vinaigre blanc dans un verre. On ajoute de la gouache rouge jusqu'à obtenir un beau mélange bien concentré (simule la lave) dans le verre, on y incorpore 3 pressions de liquide vaisselle (crée les bulles). On verse le contenu du verre dans la bouteille et agite celle-ci. On note les observations sur le cahier.</p> <p>Le PE reproduit l'éruption volcanique avec son modèle de volcan qu'il a fabriqué chez lui où l'on voit notamment la chambre magmatique. Les élèves se rejoignent tout autour pour observer.</p>	<p>Bouteille d'eau plate et d'eau pétillante.</p> <p>Modèle de volcan du PE.</p>
10 min	<p>Phase 3 : lien entre la modélisation et la réalité. Chaque élève dessine le modèle dans son cahier de chercheur.</p> <p>L'enseignant rappelle que dans un véritable volcan : il n'y a pas de marc de café mais des poussières et projections, que la gouache rouge simule la lave, et qu'il n'y a pas de bicarbonate de soude non plus dans un vrai volcan.</p> <p>Réalisation d'un tableau bilan en 3 colonnes (modélisation, rôle dans l'expérience et réalité). Durant cette séquence, il est essentiel que le PE revienne le plus souvent possible avec la réalité. Ici, nous referons passer des photos et vidéos afin de se confronter en permanence au réel.</p>	<p>Ecrit/individuel</p> <p>Oral/collectif</p>

5 min	Phase 4 : Trace écrite. Institutionnalisation. Le PE demande : qu'a-t-on appris aujourd'hui ? « <i>C'est du gaz qui fait remonter le magma de la chambre magmatique et provoque l'éruption volcanique</i> », phrase bilan que les élèves copient dans le cahier de chercheur.	Oral/collectif puis Ecrit/individuel
-------	--	---



Photo de gauche : modèle fabriqué par les élèves

Photo de droite : modèle fabriqué par le PE où l'on voit la chambre magmatique matérialisée par la bouteille. Cela permettra aux élèves de visualiser l'accumulation de gaz dans la chambre magmatique qui déclenche l'éruption .

Séance 4 : Comment expliquer les différents types d'éruption ?	Durée : 55 min
Compétences visées :	
Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques (proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème)	
Pratiquer des langages (rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis ; expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit)	
Domaines du SCCC : domaine 1 et 4	
Objectif : reconnaître et caractériser les deux familles d'éruption volcanique	

Déroutement de la séance		
Durée	Rôle du PE et activité de l'élève	Matériel/Organisation
15 min	<p>Pour commencer, le PE distribue à nouveau aux élèves le schéma vierge de la structure interne du volcan. Les élèves à l'aide du PE se demandent : qu'est-ce qui a pu faire remonter le magma ?</p> <p>Phase 1 : nouvelle situation d'accroche</p> <p>Consigne : oralisée et écrite au tableau. Je vous montre les 2 vidéos, à vous de comparer. Le PE projette la vidéo d'une éruption d'un volcan explosif. Eruption du volcan Krakatoa en Indonésie du 17 octobre 2018 : https://www.youtube.com/watch?v=NLhjNzQHphQ (4 min 43s) Le PE montre à nouveau, l'éruption du Piton de la Fournaise visionnée en séance 1.</p> <p>Le visionnage des 2 vidéos va permettre aux élèves de se poser la question suivante : comment expliquer qu'en surface nous n'ayons pas la même chose pour les 2 éruptions ? Le problème est dit oralement puis écrit. Le PE recueille les conceptions des élèves qu'il écrit au tableau. Confrontation des hypothèses à l'oral.</p>	<p>Oral/collectif</p> <p>Vidéoprojecteur/ordinateur/enceinte</p>
10 min	<p>Phase 2 : travail sur deux textes scientifiques caractérisant les 2 types de volcanismes. Le PE demande aux élèves de chercher les mots clés dans le texte (mots principaux à trouver : visqueux et fluide). Définition des mots dans le cahier de lexique.</p>	<p>Oral/collectif et</p> <p>Ecrit/individuel</p> <p>Texte scientifique</p>

	<p>Le PE apporte aux élèves des échantillons de basaltes et d'andésites caractéristiques des 2 types de volcanisme.</p> <p>Observation et manipulation des roches.</p> <p>Le PE demande aux élèves de réaliser dans leur cahier de chercheur un dessin d'observation des 2 types de roches.</p>	Cahier de chercheur
20 minutes	<p>Phase 3 : trace écrite élaborée collectivement. Chaque élève la copie dans son cahier de chercheur.</p> <p>« <i>Il existe deux types de volcans :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Les volcans rouges caractérisés par des coulées de lave. Ce sont des volcans effusifs (Piton de la Fournaise).</i> - <i>Les volcans gris caractérisés par des explosions violentes, des panaches de fumée, des nuées ardentes et des expulsions de blocs. Ce sont des volcans explosifs. Ils sont plus dangereux (Krakatoa). »</i> <p>Puis les élèves réalisent le tableau comparatif des 2 types de volcanisme</p>	Oral/collectif
10 min	<p>Phase 4 : entraînement. Le PE projette au tableau des images et des vidéos de volcans pour s'entraîner à les classer en justifiant leurs choix. Lien avec la réalité.</p>	Oral/collectif puis écrit/individuel Cahier de chercheur

Tableau des caractéristiques des deux grandes familles d'éruptions volcaniques pour la trace écrite

Type d'éruption	Effusive	Explosive
Nom d'un volcan	Le Piton de la Fournaise à la Réunion	Le Krakatoa en Indonésie
Produits rejetés	Fontaine de lave	Lave, cendres, panache, nuées ardentes
Nom de l'édifice volcanique	Cône	Dôme
Caractéristique de la lave	Fluide	Visqueuse
Magma	Fluide avec très peu de gaz	Visqueux et riche en gaz
Nom des roches obtenues	Basalte (roche sombre)	Andésite (roche claire)
Dangerosité de l'éruption	Peu dangereuse	Très dangereuse

Séance 5 : Comment expliquer les différents types d'éruption ?	Durée : 50 minutes
Compétences visées : Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques (proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème ; interpréter un résultat, en tirer une conclusion). S'approprier des outils et des méthodes (utiliser le matériel adapté pour réaliser une expérience ; organiser en groupe un espace de réalisation expérimentale) Pratiquer des langages (rendre compte des observations, expériences, hypothèses, conclusions en utilisant un vocabulaire précis ; expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit) Mobiliser des outils numériques (utiliser des outils numériques pour simuler des phénomènes)	
Domaines du socle : 1, 2 et 4	
Objectif : comprendre que la nature du magma est à l'origine du volcanisme effusif ou explosif	

Déroulement de la séance		
Durée	Rôle du PE et activité attendue de l'élève	Matériel/Organisation
5 min	Phase 1 : Problème posé et formulation d'hypothèses. A partir de la trace écrite de la séance 4, les élèves à l'aide du PE se demandent pourquoi certains volcans explosent alors que d'autres font des coulées de lave. Les élèves notent leurs hypothèses dans leur cahier de chercheur d'abord individuellement puis mise en commun. Confrontation des hypothèses au tableau. Le PE attend comme hypothèse principale : la viscosité de la lave en est responsable.	Ecrit/individuel Cahier de chercheur
15 min	Phase 2 : Modélisation numérique Ensuite, les élèves vont réaliser une animation interactive proposée par la main à la pâte pour tester la viscosité de la lave. Lien : https://fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/projet_risques/animations-html/volcans.html Bilan : l'hypothèse est validée par relation de cause à effet (curseur qui augmente la viscosité de la lave).	Oral/collectif Tablettes (en binôme car 13 tablettes pour la classe entière)
20 min	Phase 3 : mise en commun	Oral/collectif.

	<p>Le PE propose de revenir sur le modèle analogique du volcan de la séance 3 mais d'y placer des flocons de purée afin de réaliser une éruption explosive.</p> <p>Les élèves se rendent compte que cela explose.</p> <p>Le PE demande aux élèves : si nous plaçons un bouchon donc si je bloque les gaz, que va-t-il se passer ?</p>	
10 minutes	<p>Phase 4 : trace écrite personnalisée. Chaque élève choisit la forme qui lui convient le mieux (texte, tableau, dessin, carte mentale, schéma ou liste). La trace écrite devient un outil personnel et singulier de l'élève qui ne lui est pas imposé. Cette trace a du sens pour l'élève. La trace s'éloigne ici des standards, d'une norme.</p> <p><i>« Le magma des volcans effusifs est très fluide, comme l'eau. Il est facilement poussé vers l'extérieur par le gaz. Les coulées de lave très fluide s'écoulent facilement le long des pentes du volcan.</i></p> <p><i>Le magma des volcans explosifs est beaucoup plus visqueux comme la purée. Quand il remonte vers la surface, il se déplace difficilement, s'accumule vers le sommet et forme un bouchon. La pression des gaz augmente sous le bouchon et tout explose ».</i></p>	Oral/collectif puis Ecrit/individuel

Séance 6 : Evaluation	Durée : 20 minutes
Compétence visée : Pratiquer des langages	
Objectif : restituer ses connaissances sur les volcans	

Déroulement de la séance		
Durée	Rôle du PE et activité de l'élève	Matériel/Organisation
20 minutes	Evaluation : schéma bilan de la structure interne du volcan à réaliser et texte à trou à compléter. Eval : p.328 et 333 manuel édition MDI. Prise de conceptions finales (schéma de la structure interne du volcan)	Ecrit/individuel 1 évaluation par élève à imprimer

Annexe 3 : Questionnaire de motivation

Questionnaire portant sur les préférences personnelles des élèves durant la séquence :
Questionnaire permettant d'évaluer l'intérêt et la motivation des élèves à modéliser :

Qu'as-tu préféré comme chapitre depuis le début de l'année en sciences ?

.....
.....

Pourquoi ?

.....
.....
.....

Qu'est-ce que tu as aimé durant cette séquence sur les volcans ?

.....
.....
.....
.....

Pourquoi ?

.....
.....
.....
.....

Qu'est-ce que tu as préféré dans la séquence sur les volcans ?

.....
.....
.....
.....
.....

Tu comprends mieux quand (tu peux cocher une ou plusieurs cases) :

- Tu vois des photos ou des vidéos
- Tu lis des textes
- Tu manipules/tu fais des expériences

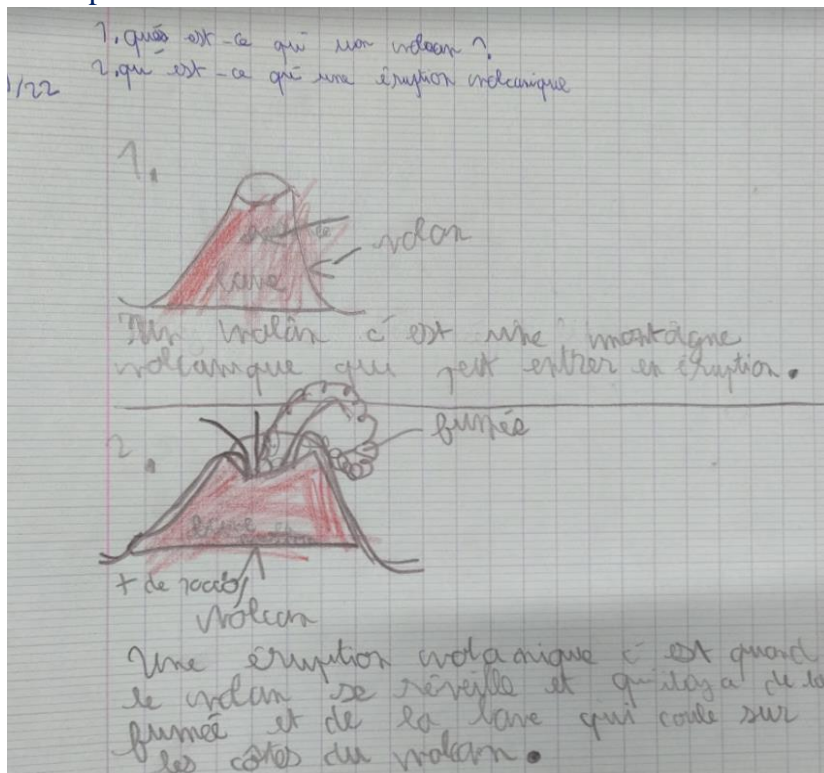
Peux-tu expliquer ou justifier ta réponse ?

.....
.....
.....

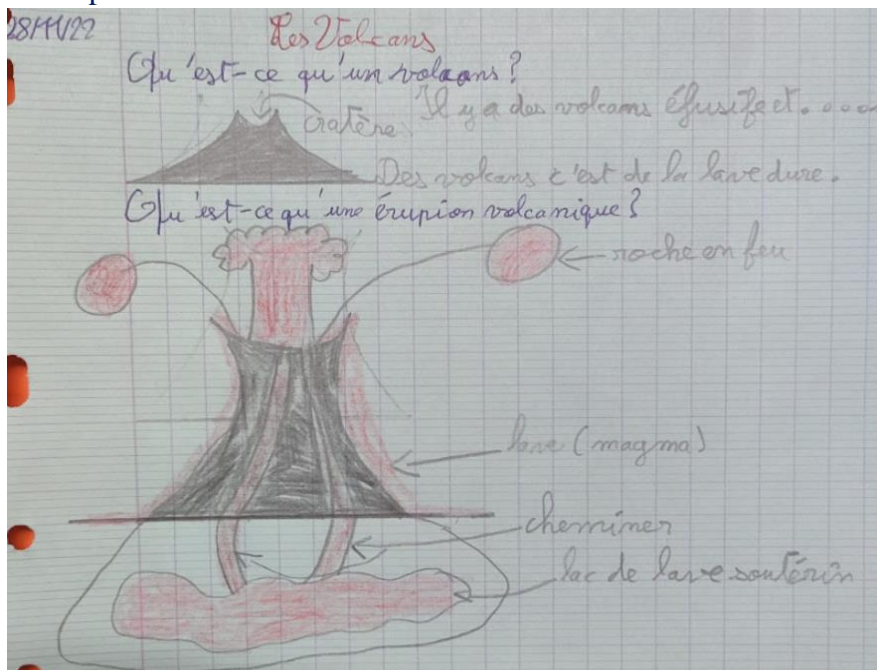
Annexe 4 : Productions des élèves

- ❖ Schémas répondant aux questions « qu'est-ce qu'un volcan pour toi ? », « qu'est-ce qu'une éruption volcanique ? » posées lors de la séance 1 de la séquence

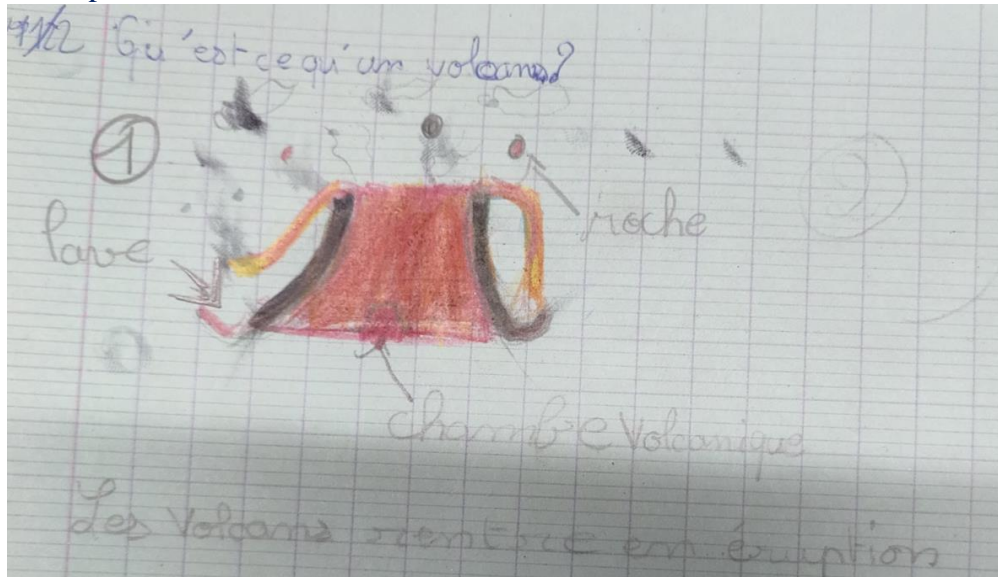
Conception 1



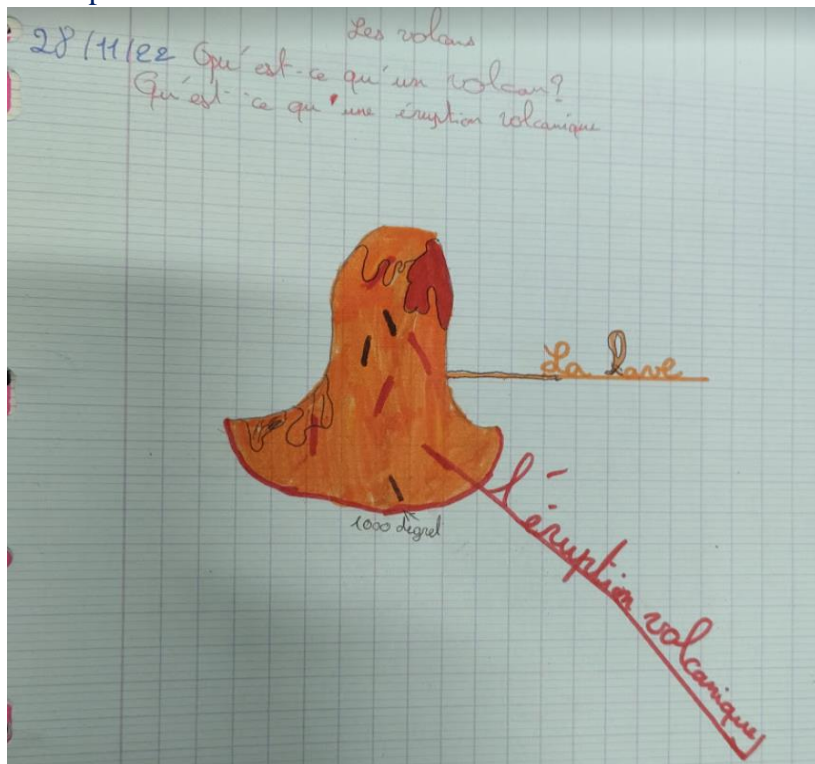
Conception 2



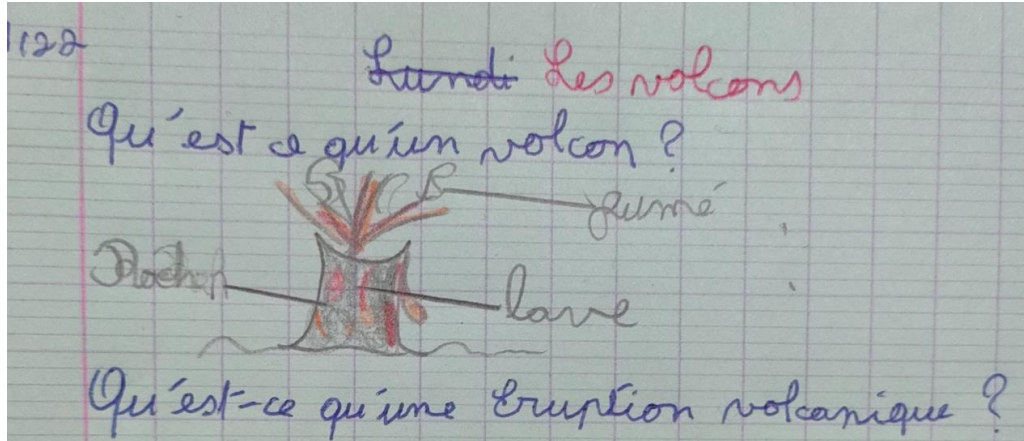
Conception 3



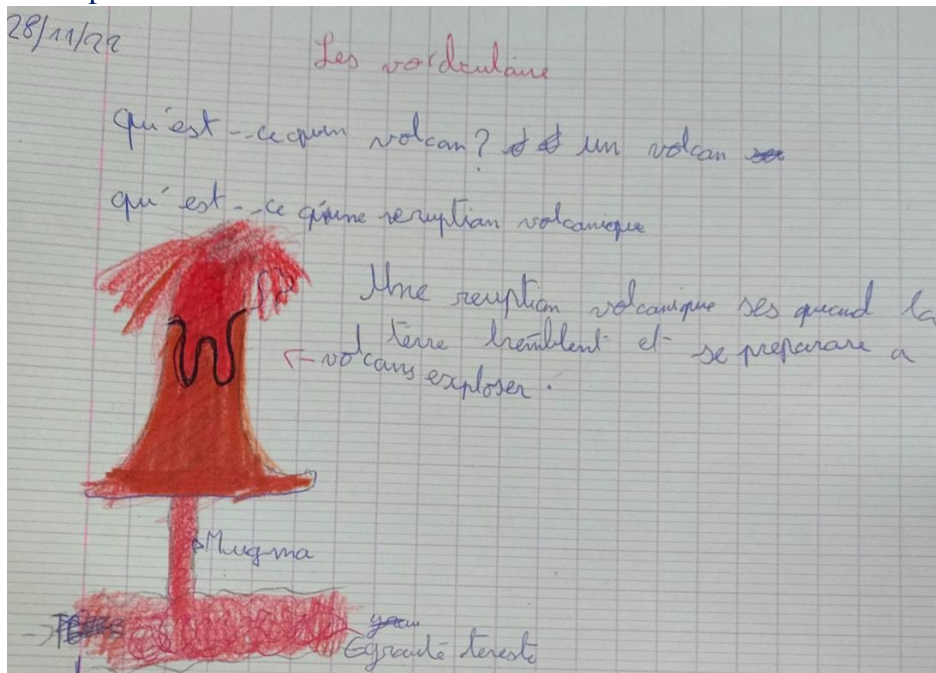
Conception 4



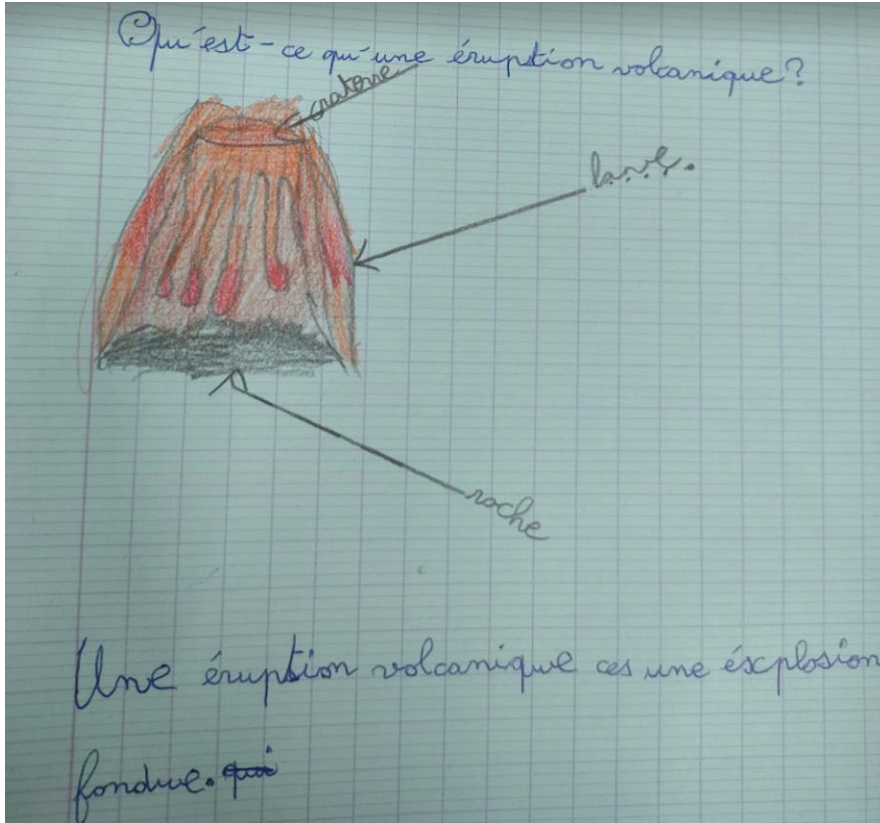
Conception 5



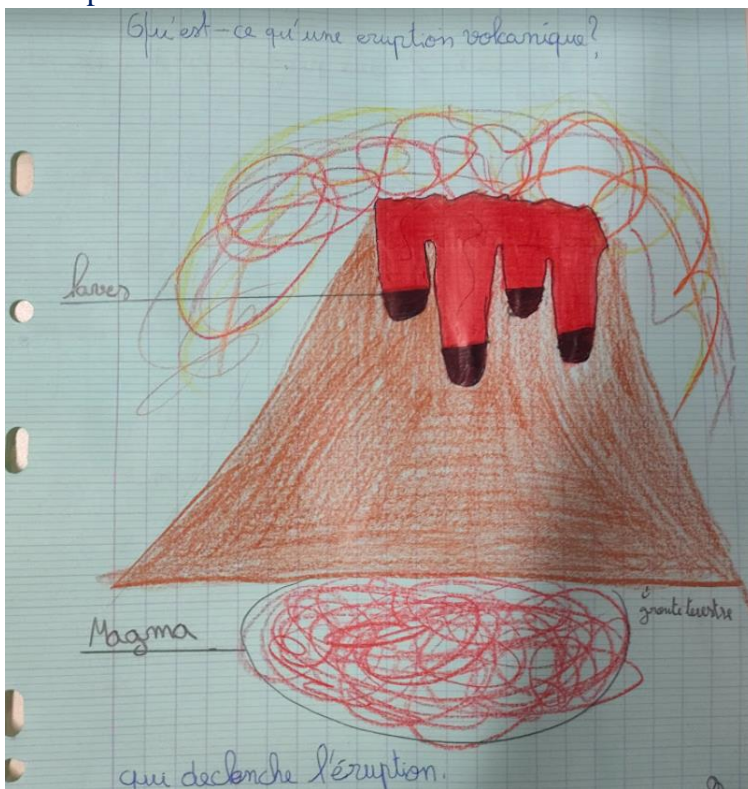
Conception 6



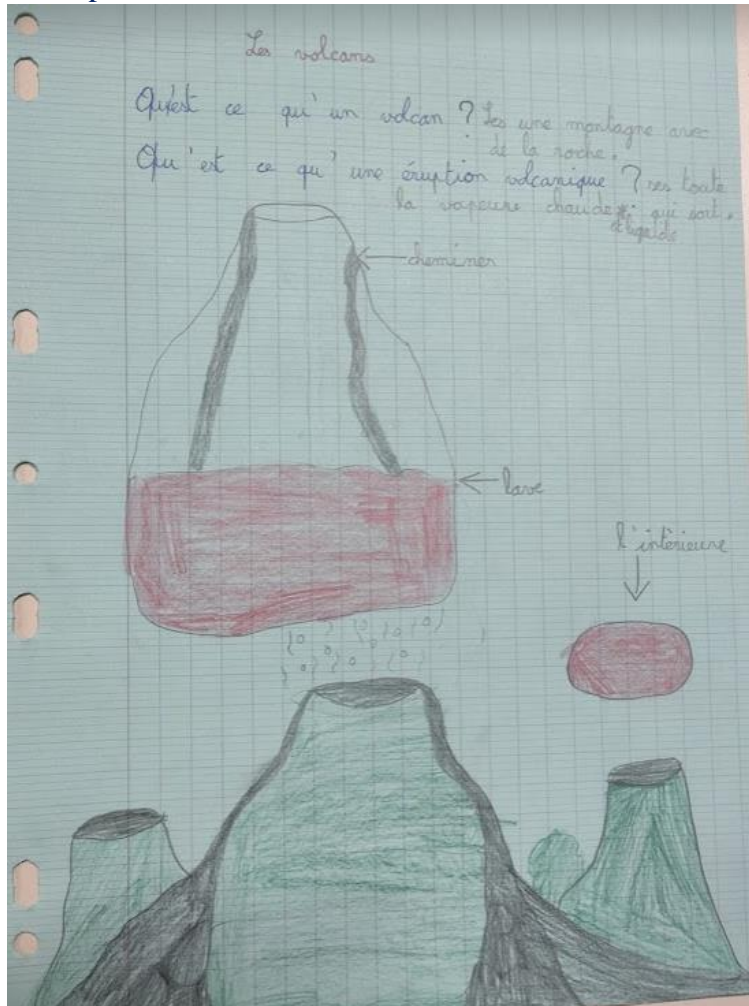
Conception 7



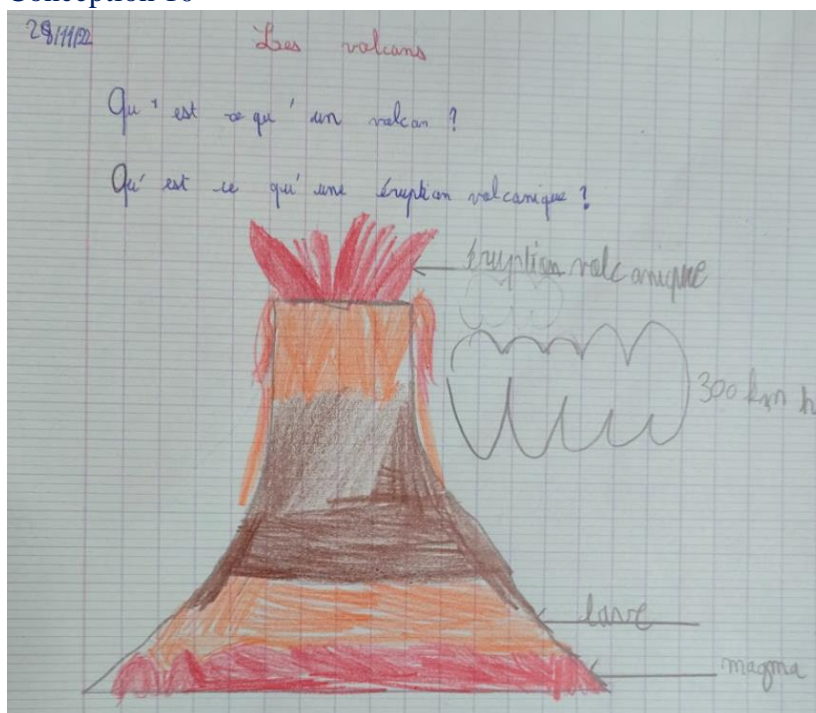
Conception 8



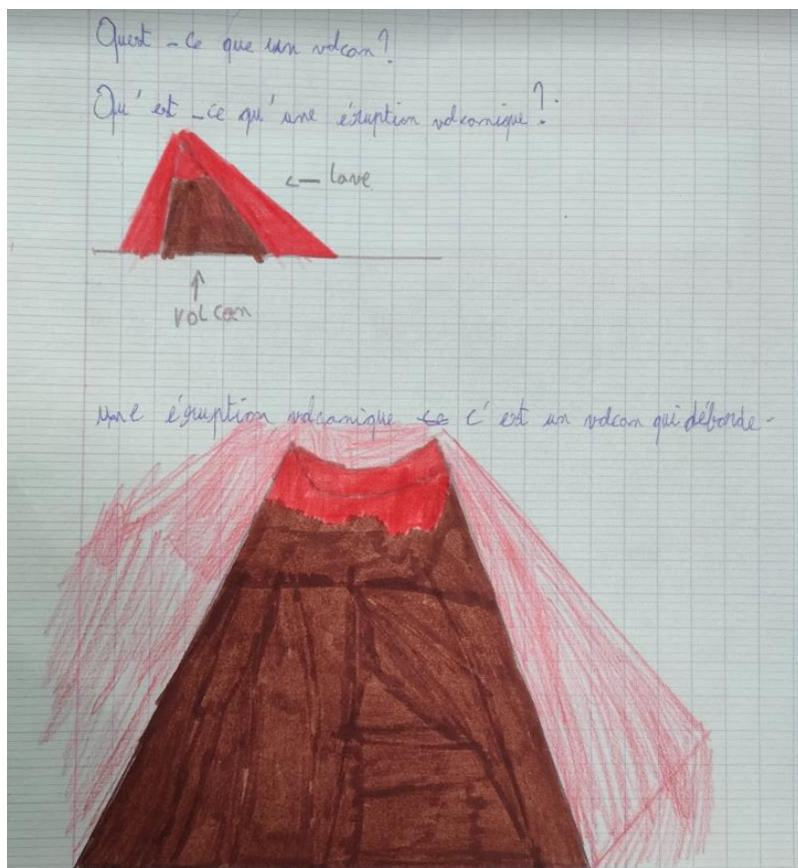
Conception 9



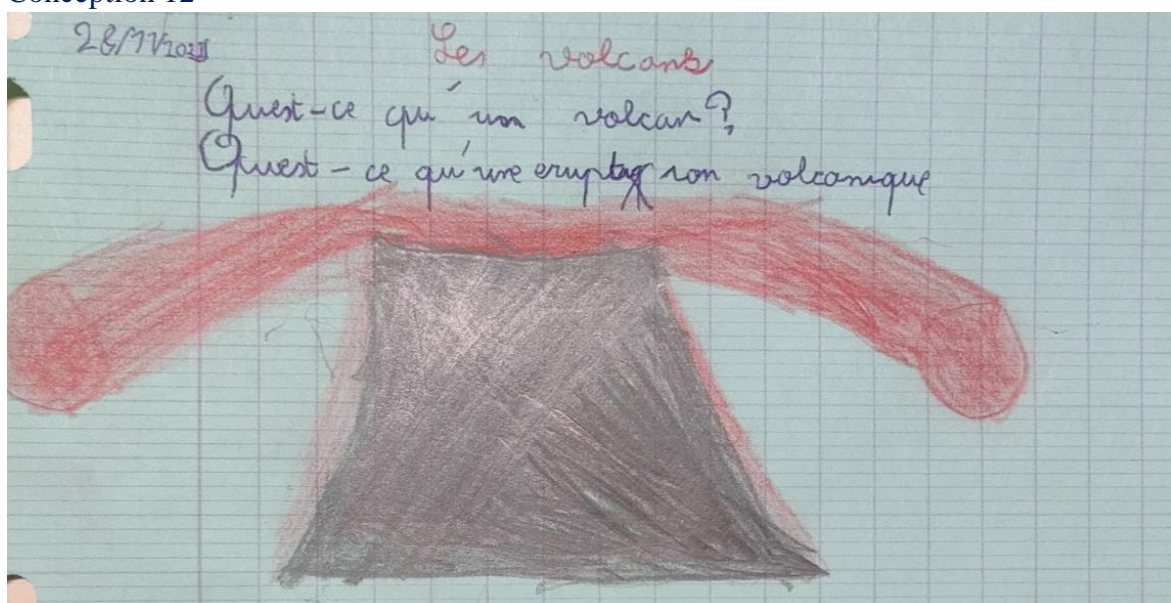
Conception 10



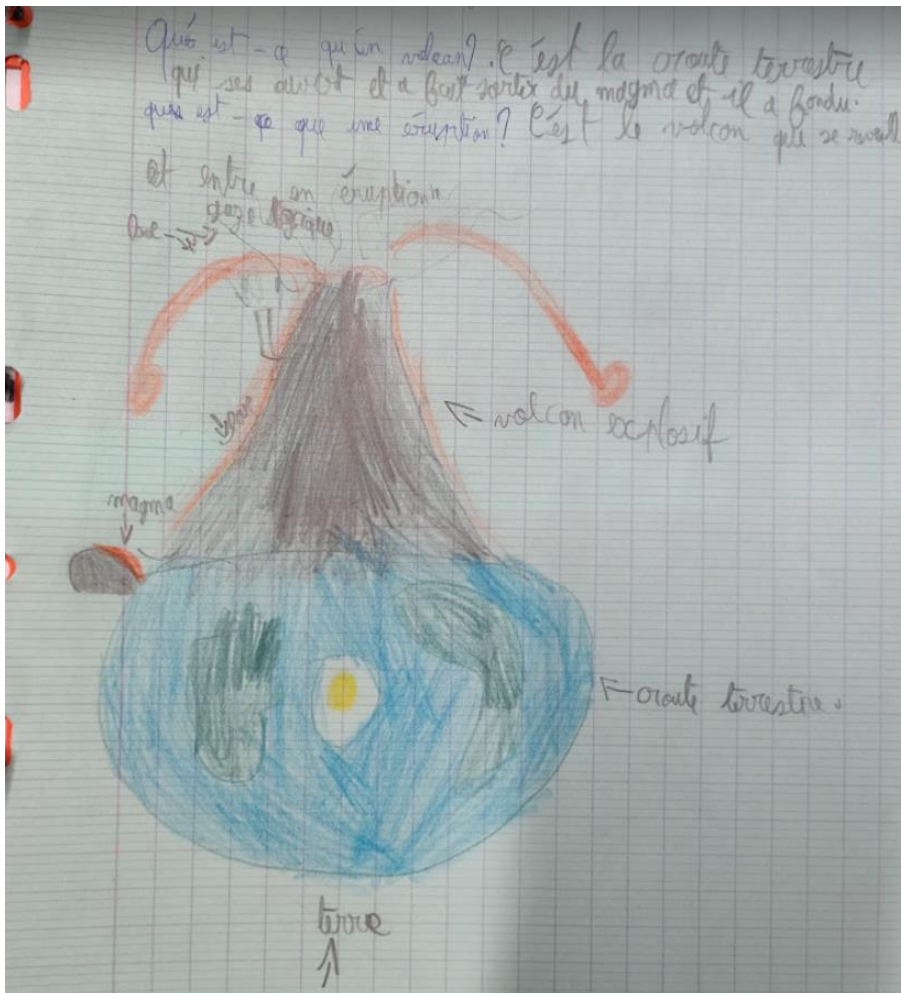
Conception 11



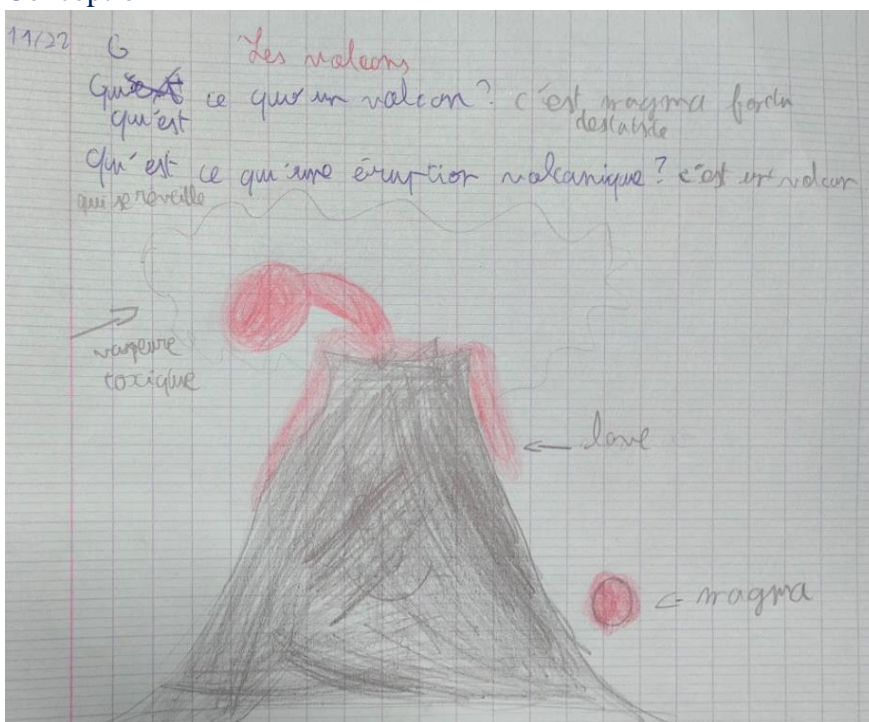
Conception 12



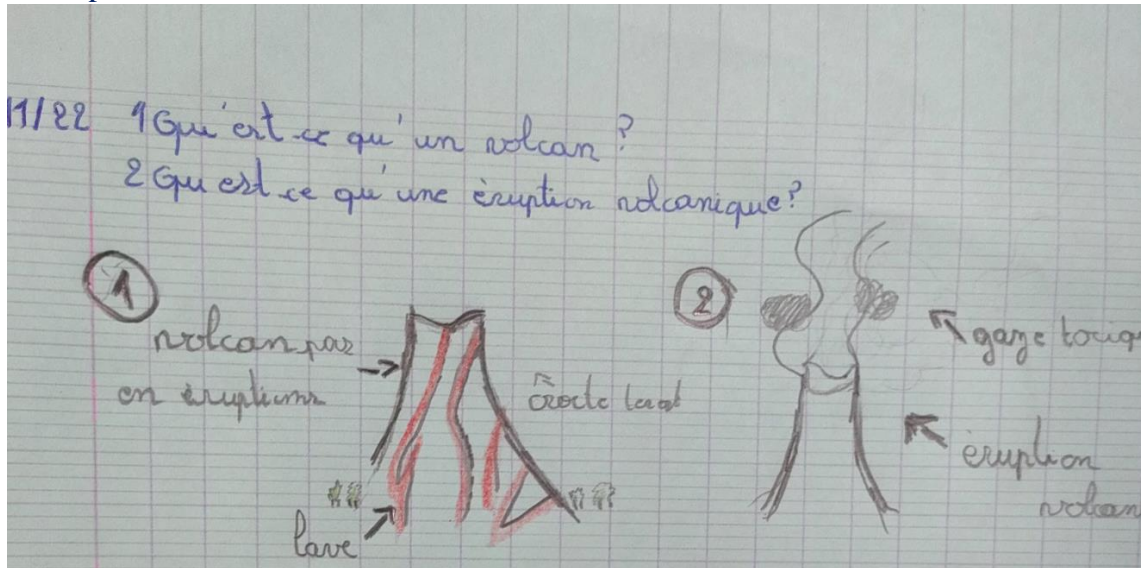
Conception 13



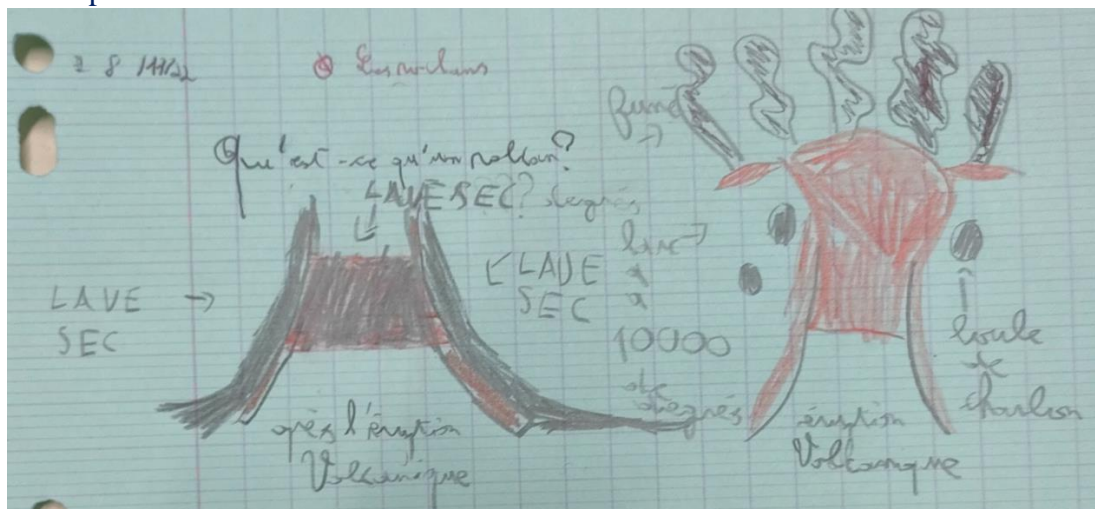
Conception 14



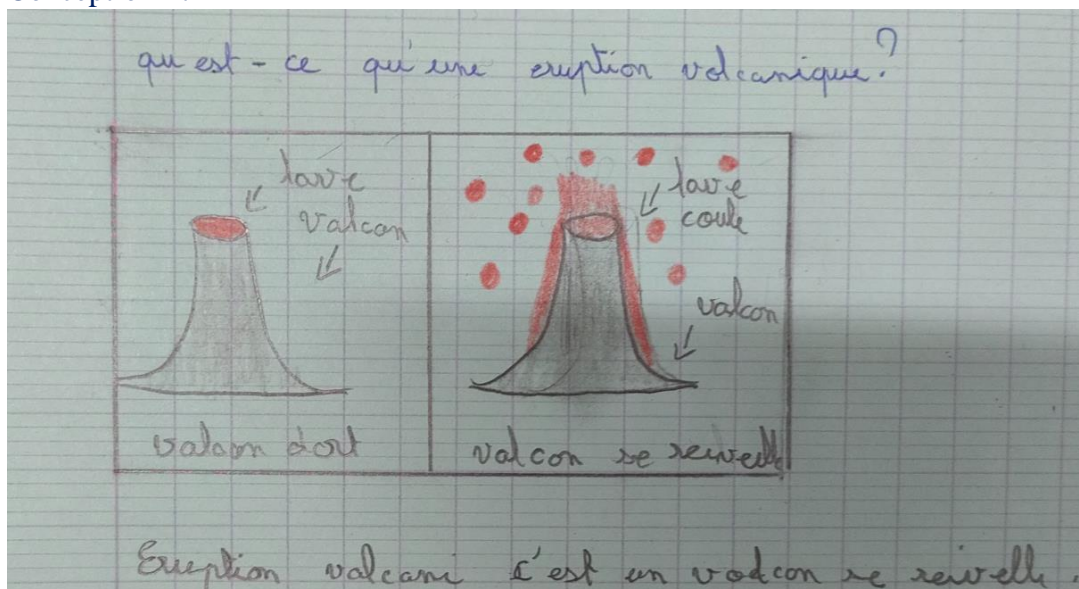
Conception 15



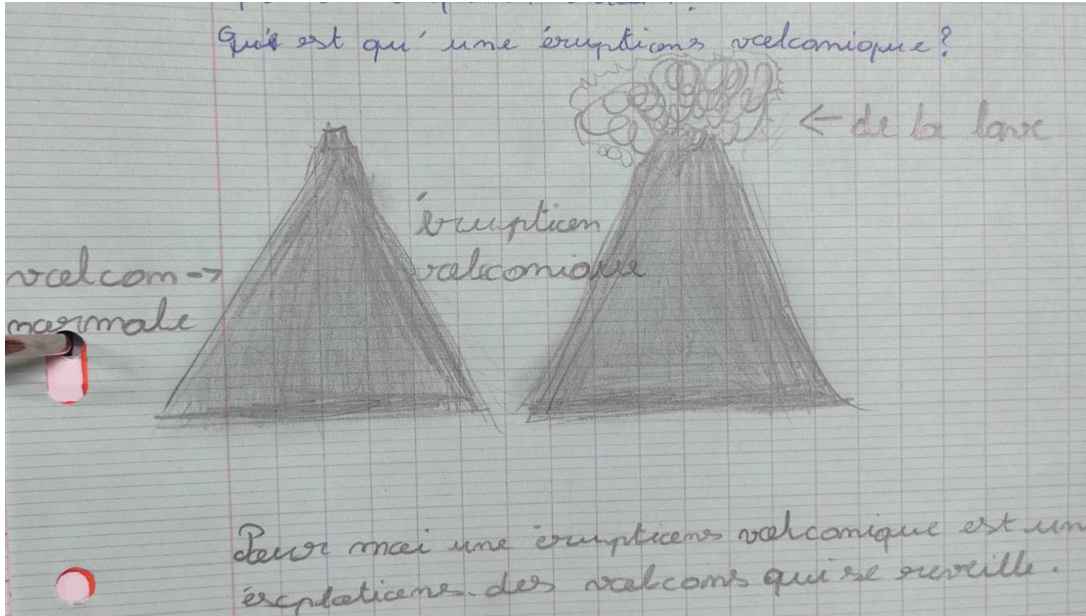
Conception 16



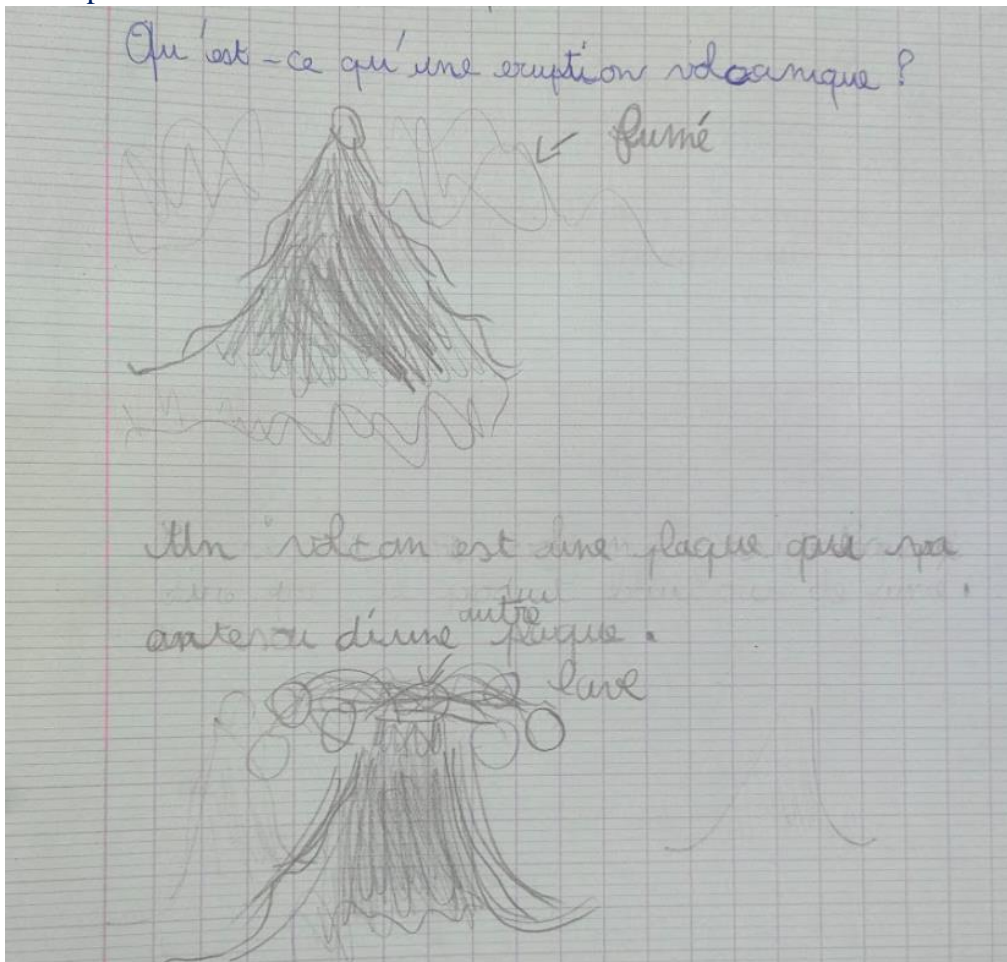
Conception 17

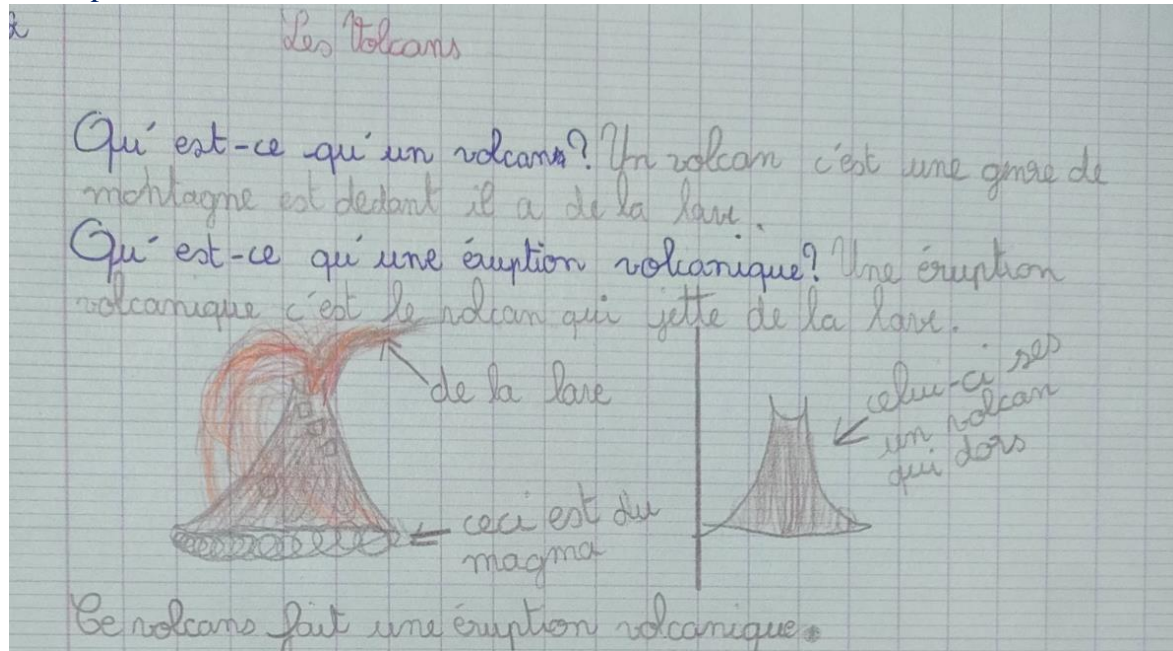


Conception 18



Conception 19





Analyse des schémas : Qu'est-ce qu'un volcan ? Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ?

n° de conception initiale	Qu'est-ce qu'un volcan ?	Qu'est-ce qu'une éruption volcanique ?	Termes utilisés sur le schéma	Termes utilisés dans les phrases explicatives
Conception 1 : l'élève a représenté un volcan endormi puis un volcan qui se réveille rempli de lave rouge. Il a représenté une éruption explosive.	L'élève a schématisé un volcan endormi et un volcan en éruption en dessous.		Sur son schéma du volcan endormi, les termes annotés sont lave et volcan . Sur le schéma du volcan en éruption, l'élève a annoté les mots : fumée, volcan ,	Il a écrit « un volcan est une montagne volcanique qui peut entrer en éruption ». Sous le schéma du volcan en éruption, l'élève a écrit : une éruption volcanique « c'est quand le volcan se réveille et qu'il y a de la fumée et de la lave qui coule sur les côtés du volcan ».
Conception 2 : l'élève pense qu'il y a un lac de lave souterraine sous le volcan avec deux tuyaux qui font remonter la lave. L'élève a représenté une éruption explosive.	L'élève a représenté un volcan tout gris qui n'est pas en éruption. En dessous du volcan gris, l'élève a représenté un volcan gris en éruption avec de la lave de couleur rose .		Le seul terme annoté est : cratère Les termes annotés sur le second schéma sont : roche en feu, lave (magma) avec confusion entre les deux termes. Cet élève a écrit : cheminée et lac de lave souterraine .	L'élève a écrit à côté du schéma : « il y a des volcans effusifs » et « les volcans sont de la lave dure ».

Conception 3 : il a représenté un volcan explosif avec des débris de roches qui s'échappent du volcan.	L'élève a schématisé un volcan de couleur orange.	Les termes annotés sont : roche, lave et chambre volcanique	Il a écrit : « les volcans entrent en éruption ».
Conception 4 : représentation unique en forme de champignon renversé	L'élève a représenté une forme de champignon orange et rouge.	Les termes annotés sont : lave, éruption volcanique et 1000 degrés.	L'élève n'a pas écrit de phrases.
Conception 5 : volcan en miniature	L'élève a représenté un tout petit volcan en éruption de couleur grise et de nature explosive . Quelques traits de couleur rose et rouge sont présents.	Les termes annotés sont : fumée, lave et roche.	Pas de phrases explicatives.
Conception 6 : volcan explosif en forme de geyser / représentation unique	L'élève a représenté un volcan tout rouge en éruption. Il est le seul à avoir représenté la croûte terrestre sous le volcan.	Les termes annotés sont : magma, croûte terrestre, volcan. L'élève fait bien la différence entre magma et lave.	L'élève a écrit : « une éruption volcanique c'est lorsque la terre tremble et se prépare à exploser ».
Conception 7 : représentation unique en forme de dôme explosif	L'élève a schématisé un volcan en forme de dôme de couleur orange, avec des touches de rouge et du noir par en dessous.	Les termes annotés sont : lave, cratère et roche.	L'élève a écrit : « une éruption volcanique est une explosion fondue ».
Conception 8 : l'élève différencie bien lave et magma. Représentation unique.	L'élève a représenté un énorme volcan en éruption de nature effusive de couleur marron avec de la lave rouge. Il a ajouté des explosions de couleur jaune et rouge.	Les termes annotés sont : magma, lave et croûte terrestre.	Il n'y a pas de phrases explicatives à côté du schéma.
Conception 9 : représentation unique avec chaîne de montagnes	L'élève a représenté deux volcans l'un sous l'autre. Le premier est rempli de lave rouge avec présence de deux cheminées noires. En dessous, il a représenté plusieurs volcans vert et noir faisant partie d'une chaîne de montagnes.	Les termes présents sont cheminée et lave. Confusion entre lave et magma. L'élève a écrit lave à l'intérieur du volcan.	L'élève décrit le volcan comme étant une montagne de roches. Pour lui, une éruption volcanique c'est « toute la vapeur chaude et liquide qui sort ».

Conception 10 : représentation unique avec superposition de couches de couleur différente.	L'élève a représenté un volcan explosif en éruption avec alternance de couches rouge, orange et marron. Il a dessiné un nuage à côté du volcan.	Les termes annotés sont : éruption volcanique, lave, magma et 300 km/h. Confusion entre lave et magma (l'élève les a écrits l'un sous l'autre).	Pas de phrases explicatives.
Conception 11 : représentation unique de volcan effusif en triangle	L'élève a représenté un petit volcan en forme de triangle de couleur marron recouvert d'un autre triangle rouge représentant la lave. En dessous du petit volcan, l'élève a dessiné un autre volcan en forme de cône avec de la lave rouge qui s'en échappe.	Les termes utilisés sont lave et volcan.	L'élève a écrit « une éruption volcanique est un volcan qui déborde ».
Conception 12 : volcan effusif avec lave en suspension	L'élève a schématisé un volcan en éruption de couleur grise avec de la lave rouge qui s'en échappe. L'élève pense que la lave peut rester en suspension.	Pas d'annotations sur le schéma	Pas de phrases explicatives
Conception 13 : représentation unique avec croûte terrestre, terre et gaz toxique.	L'élève a schématisé un volcan effusif en éruption de couleur grise avec de la lave rouge qui s'en échappe et descend sur les pentes. Sous le volcan, il a schématisé un cercle bleu avec un cercle jaune qui représentent la croûte terrestre.	Les termes utilisés sur le schéma sont : croûte terrestre, terre, magma, lave, gaz toxique. L'élève a écrit volcan explosif alors que ce schéma décrit un volcan effusif. Il fait bien la différence entre le magma souterrain et la lave en surface.	L'élève a écrit qu'un volcan est une croûte terrestre qui s'est ouverte et a fait sortir du magma fondu. Il a ajouté qu'une éruption volcanique est un volcan qui se réveille et entre en éruption.
Conception 14 : volcan explosif avec nuage de fumée	L'élève a schématisé un volcan explosif en éruption de couleur grise avec de la lave rouge qui s'en échappe.	Les termes annotés sont : magma, lave et vapeur toxique. Il différencie bien le magma et la lave.	L'élève a écrit qu'un volcan c'est « du magma fondu ». Il ajoute qu'une éruption correspond à un volcan qui se réveille.
Conception 15 : volcan qui n'est	L'élève a représenté 2 schémas. Le premier	Les mots annotés sur le premier schéma sont :	Il n'y a pas de phrases explicatives.

pas entré en éruption et volcan qui l'est, volcan explosif	est un volcan qui n'est pas entré en éruption avec de la lave rouge à l'intérieur. Le 2 ^{ème} schéma représente un volcan explosif en éruption avec de la fumée qui s'en échappe.	lave, croûte terrestre et volcan qui n'est pas en éruption. Les mots annotés sur le second schéma sont : gaz toxique et éruption volcanique.	
Conception 16 : 2 schémas l'un en éruption et l'autre après l'éruption	L'élève a représenté deux schémas côte à côte. Le premier représente le volcan après l'éruption. Il est de couleur grise. Le second schéma représente un volcan explosif en éruption qui est tout rouge.	Sur le premier schéma, l'élève a écrit : lave sèche après l'éruption. Sur le second schéma du volcan en éruption, l'élève a écrit : boule de charbon, fumée, lave à 1000 degrés.	Pas de phrases explicatives sous les schémas.
Conception 17 : l'élève a représenté 2 schémas : volcan qui dort et volcan qui se réveille	L'élève a schématisé 2 volcans. Le premier est de couleur grise, il est endormi. Le second représente un volcan qui se réveille. Il est effusif , gris et de la lave rouge coule sur les pentes.	Sur le premier schéma, l'élève a annoté : lave et volcan qui dort. Sur le second schéma, l'élève a écrit : lave qui coule et volcan qui se réveille.	L'élève a écrit « une éruption volcanique c'est lorsqu'un volcan se réveille ».
Conception 18 : 2 schémas côte à côte avec volcan qui dort et volcan qui se réveille.	L'élève a représenté un volcan gris qui n'est pas en éruption. A côté, il a schématisé un volcan explosif en éruption. Il est également gris avec des panaches de fumée qui s'en échappent.	Sur le premier schéma, l'élève a annoté : volcan normal. Sur le second schéma, l'élève a annoté : lave.	L'élève a écrit : « pour moi, une éruption volcanique est une éruption d'un volcan, il se réveille ».
Conception 19 : représente un volcan explosif en éruption, notion de plaque et de gaz.	L'élève a représenté 2 schémas : l'un d'un volcan explosif tout gris avec de la fumée qui s'en échappe. Le second représente un volcan en éruption tout gris.	Le terme sur le premier schéma est : fumée. Sur le second schéma, on retrouve : lave. L'élève écrit le mot lave mais ne la représente pas sur son schéma.	L'élève a écrit : « un volcan est une plaque qui va au contact d'une autre plaque ». Il a ajouté « une éruption c'est du gaz ».
Conception 20 : schéma endormi et réveillé	L'élève a représenté 2 schémas : l'un d'un	Sur le premier schéma, l'élève a annoté : volcan qui dort.	L'élève a écrit : « un volcan c'est une montagne qui contient de la lave ».

	<p>volcan qui dort. Il est tout gris. L'autre schéma est un volcan réveillé. L'élève a représenté une éruption effusive avec de la lave rouge qui sort.</p>	<p>Sur le second, l'élève a écrit : de la lave, du magma. L'élève différencie bien le magma en profondeur et la lave en surface.</p>	<p>Il a ajouté : « une éruption volcanique est un volcan qui jette de la lave ».</p>
--	--	---	---

Commentaire sur les résultats obtenus :

Nous pouvons remarquer que sur les 20 productions d'élèves, les productions 1 ; 2 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 et 20 donc 7 productions représentent deux volcans côte à côte ou alors l'un sous l'autre avec à chaque fois un volcan endormi qui n'est pas en éruption et un autre qui l'est.

Sur les 20 productions analysées, les productions 1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 6 ; 7 ; 10 ; 14 ; 15 ; 16 ; 18 et 19 donc 12 productions représentent un volcan explosif. Dans la majorité des cas (plus de 50 %), les élèves ont tendance à schématiser une **éruption explosive**.

Par ailleurs, en ce qui concerne les productions 8 ; 11 ; 12 ; 13 ; 17 et 20 donc pour 6 productions, les élèves ont représenté un volcan effusif.

Les élèves qui ont produit les schémas des conceptions 4 et 9 n'ont ni représenté de volcan effusif ni de volcan explosif.

- Nous pouvons remarquer qu'il y a des représentations uniques, qui se démarquent des autres. Il s'agit des productions suivantes :
 - Production 3 : volcan tout orange
 - Production 4 : volcan en forme de champignon renversé
 - Production 5 : volcan en miniature
 - Production 6 : volcan en forme de geyser avec présence de croûte terrestre
 - Production 7 : volcan en forme de dôme
 - Production 9 : volcan représenté parmi les chaînes de montagne
 - Production 10 : volcan représenté avec couches de différentes couleurs et nuage
 - Production 11 : volcan effusif en triangle
 - Production 12 : volcan effusif avec lave en suspension
 - Production 13 : volcan avec croûte terrestre, terre et gaz toxique

Sur les 20 productions, 10 sont uniques (50%).

- Nous allons maintenant analyser les mots scientifiques qui reviennent le plus souvent dans les schémas :
 - Production 1 : lave, volcan, fumée
 - Production 2 : lave, magma, cheminée
 - Production 3 : lave, roche
 - Production 4 : lave
 - Production 5 : lave, roche, fumée
 - Production 6 : magma
 - Production 7 : lave, roche

- Production 8 : lave, magma
- Production 9 : cheminée, lave
- Production 10 : lave, magma
- Production 11 : lave
- Production 13 : magma, lave
- Production 14 : magma, lave
- Production 15 : lave
- Production 17 : lave
- Production 18 : lave
- Production 19 : fumée, lave
- Production 20 : lave, magma

Nous pouvons remarquer que le mot « lave » revient à 17 reprises. Le mot « magma » revient à 7 reprises. Le mot « roche » revient quant à lui à 3 reprises tout comme le mot « fumée ». Le mot « cheminée » apparaît à 2 reprises.

- En ce qui concerne les mots qui ne reviennent pas fréquemment dans les schémas :
 - Production 2 : lac de lave souterraine
 - Production 2 : **cratère**
 - Production 3 : chambre volcanique
 - Production 4 : **1000 degrés**
 - Production 6 : **croûte terrestre**
 - Production 7 : **cratère**
 - Production 8 : **croûte terrestre**
 - Production 10 : 300 km/h
 - Production 13 : **croûte terrestre**, terre, **gaz toxique**
 - Production 14 : vapeur toxique
 - Production 15 : **croûte terrestre**, **gaz toxique**
 - Production 16 : lave sèche, boule de charbon, lave à **1000 °C**
 - Production 17 : **volcan qui dort**
 - Production 18 : volcan normal
 - Production 20 : **volcan qui dort**

Le mot « cratère » est présent 2 fois tout comme l'expression « volcan qui dort ». Le terme de gaz toxique revient à 2 reprises. La croûte terrestre est évoquée à 4 reprises. Les « 1000 degrés » reviennent à 2 reprises.

- En ce qui concerne l'analyse des phrases explicatives, les phrases qui reviennent le plus souvent sont :
 - Production 1 : un volcan est une montagne qui peut entrer en éruption et le volcan se réveille et entre en éruption
 - Production 9 : le volcan est une montagne de roches
 - Production 13 : une éruption est un volcan qui se réveille et entre en éruption
 - Production 14 : une éruption c'est lorsqu'un volcan se réveille
 - Production 17 : une éruption c'est lorsqu'un volcan se réveille
 - Production 18 : une éruption c'est lorsque le volcan se réveille

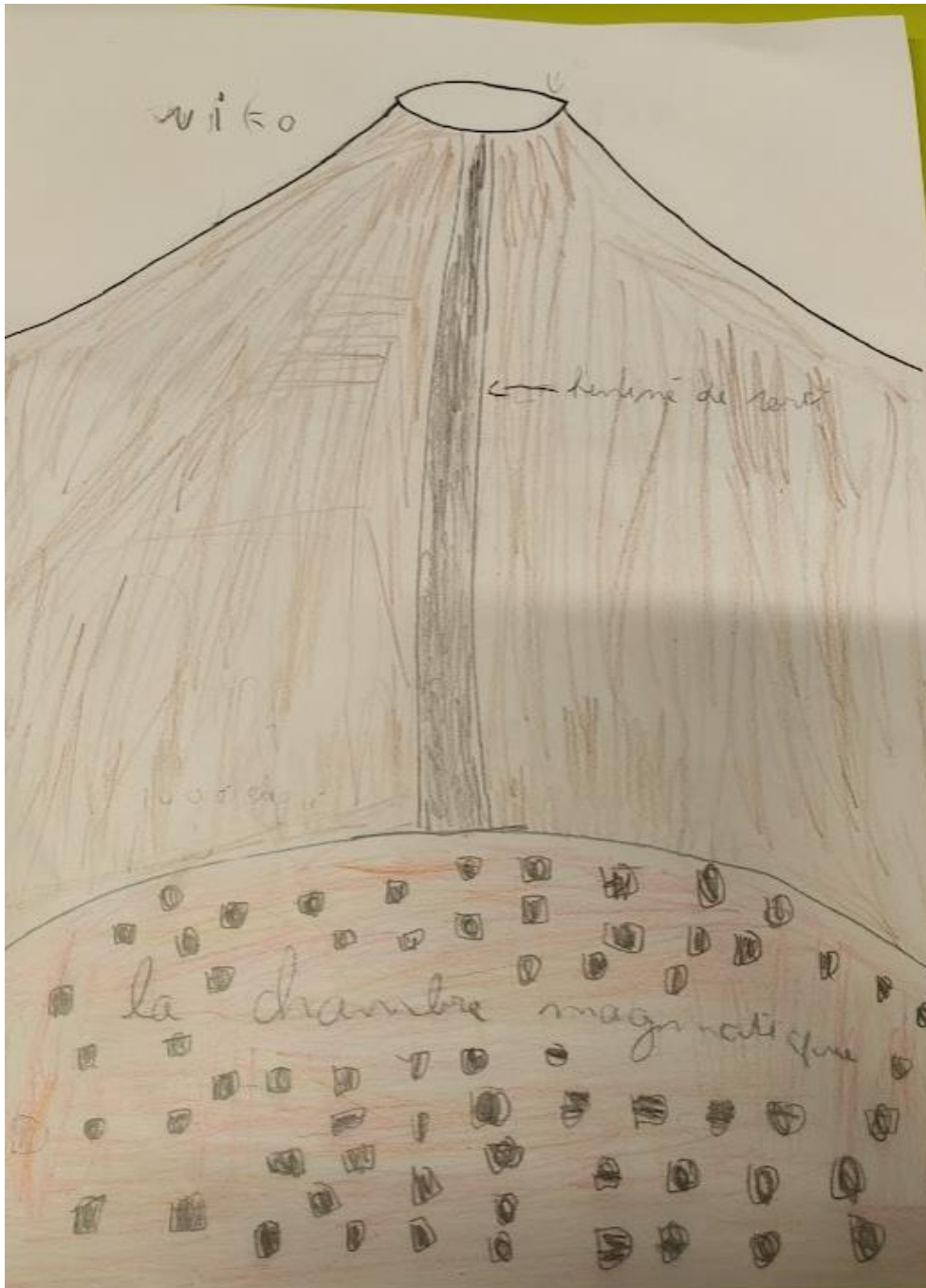
Les conceptions des élèves qui reviennent le plus souvent sont que le volcan est une **montagne** et qu'une éruption correspond au moment **où le volcan se réveille**.

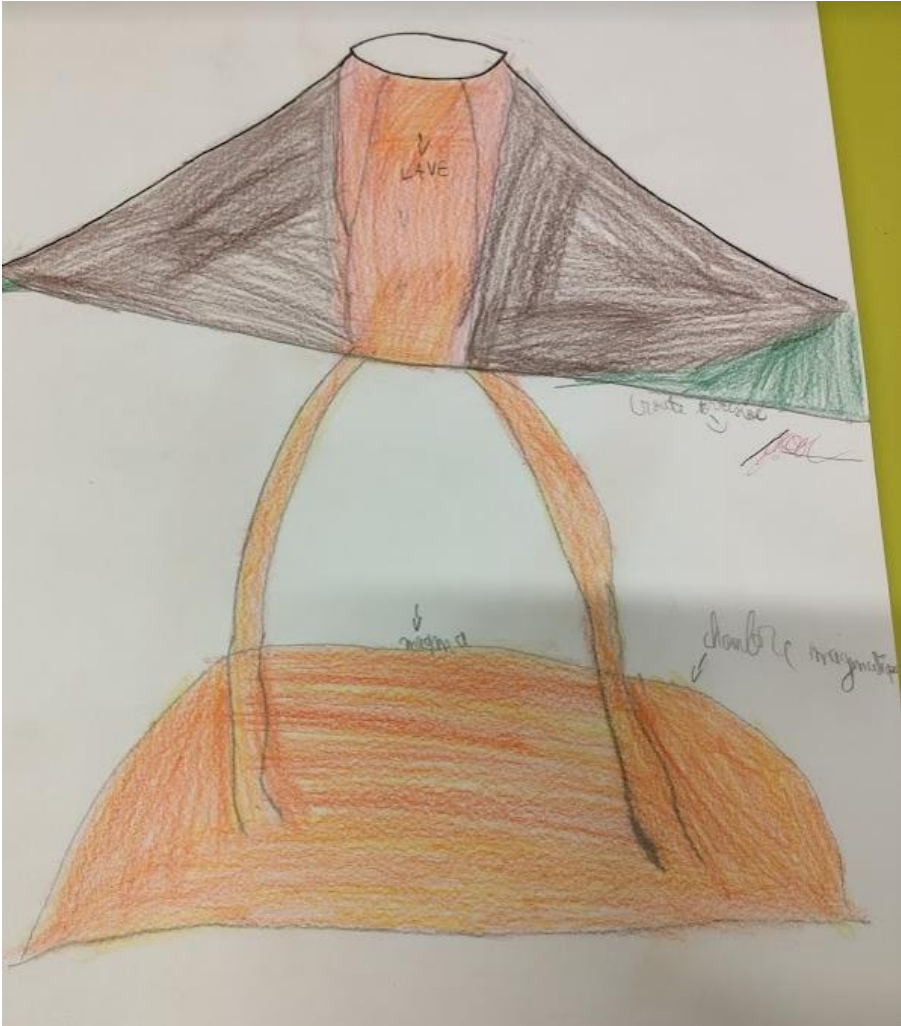
- Nous allons analyser à présent les phrases qui ne reviennent pas souvent :
 - Production 2 : le volcan est de la lave dure
 - Production 6 : une éruption c'est lorsque la terre tremble et se prépare à exploser
 - Production 7 : une éruption est une **explosion fondue**
 - Production 9 : une éruption c'est toute la vapeur chaude et liquide qui sort
 - Production 11 : une éruption est un **volcan qui déborde**
 - Production 13 : un volcan est une croûte terrestre qui s'est ouverte et a fait sortir du **magma fondu**
 - Production 14 : un volcan c'est du **magma fondu**
 - Production 19 : un volcan est une plaque qui va au contact d'une autre plaque et une éruption c'est du gaz
 - Production 20 : une éruption est un volcan qui **jette de la lave**

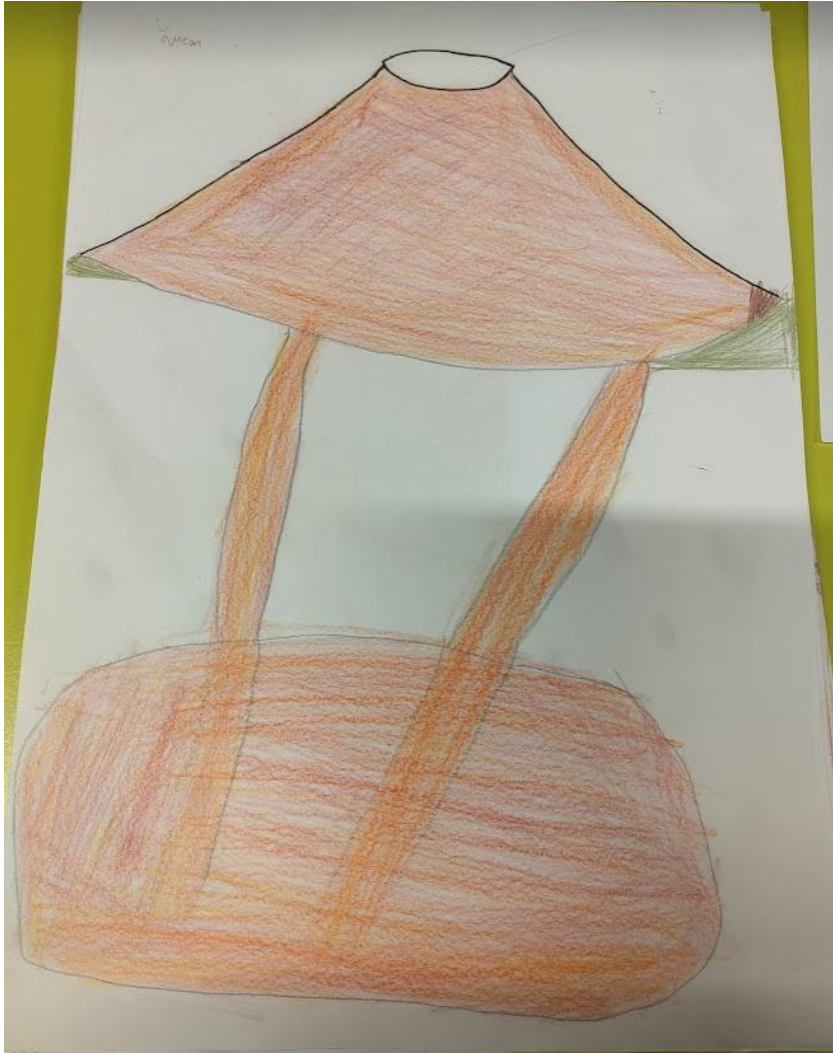
Les termes qui reviennent sont « magma fondu » et « jette de la lave », « déborde ». En revanche, un seul élève évoque l'existence de plaques.

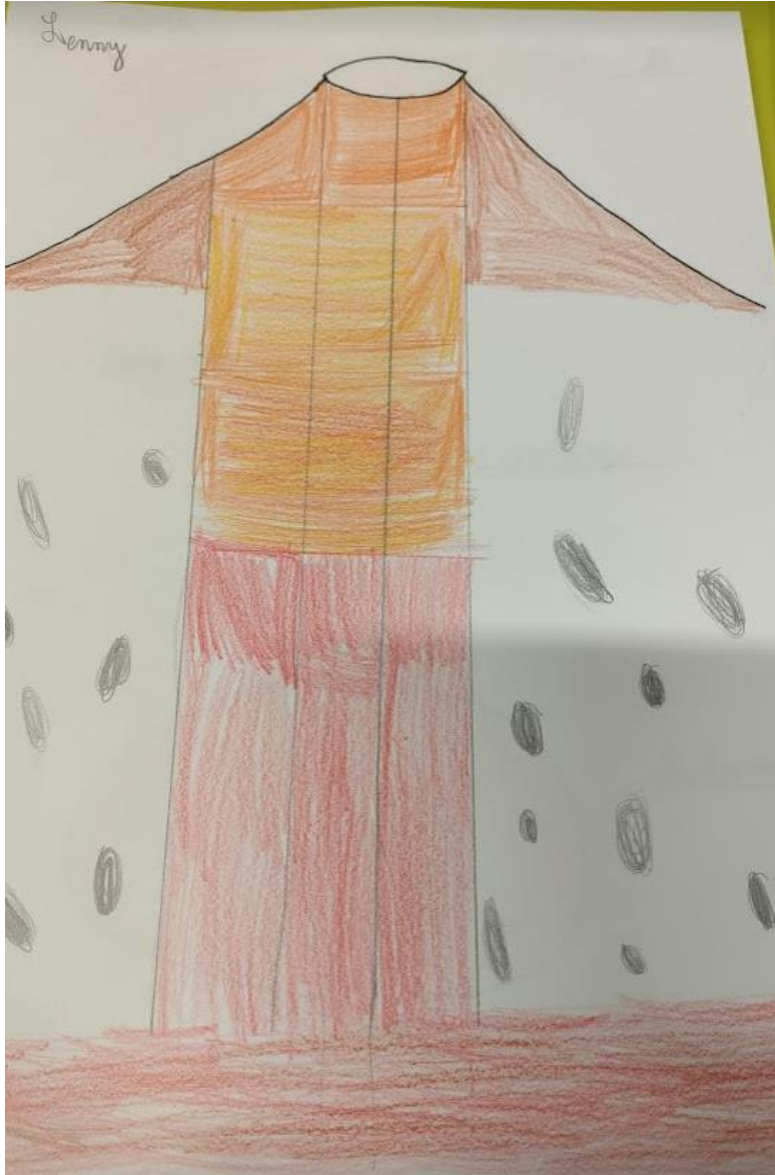
- Voici les productions où il y a confusion entre magma et lave :
 - Production 2 ; 9 ; 10
- Voici les productions où il n'y a pas de confusion entre magma et lave :
 - Production 6 ; 8 ; 13 ; 14 ; 20 (5 productions où les élèves ne confondent pas magma et lave).

- ❖ Quelques schémas de la prise de conceptions initiales sur la structure interne des volcans lors de la séance 2 de la séquence









- ❖ Photos des schémas de la structure interne du volcan (conception intermédiaire et finale), en cliquant sur le lien, vous aurez accès à toutes les photos des schémas :
https://docs.google.com/document/d/1ft99gWIy0Gd4GMiTBbztpKUwqjErRf_vixtJEGFH2qo/edit?usp=sharing

❖ Quelques évaluations d'élèves
Evaluation d'Ayaa

Ayaa Note : 9/10 At Bravo Ayaa!

A

Evaluation de la séance 6 :

29 L'activité interne de la Terre : volcans et séismes

Nom : Ayaa Date : 17/10/2023

1 Dessine un schéma légendé sur lequel doivent apparaître les éléments suivants : le cratère - le cône volcanique - le magma - la chambre magmatique - la cheminée - la croûte terrestre et les projections.

Evaluation

4/4

2 Sers-toi des mots suivants pour décrire les deux sortes de volcans actifs : volcan gris - volcan rouge - violentes explosions - poussière - cendres - nuées ardentes - fumées - gaz - lave visqueuse - explosion faible - lave fluide.

volcan gris	volcan rouge
poussière	fumées
gaz	lave visqueuse
violentes explosions	explosion faible
cendre	lave fluide
nuées ardentes	

2,5/3

3) Donne la correspondance de chaque élément dans la réalité :

Modélisation (modèle du volcan)	Réalité (vrai volcan)
Gouache rouge	magma /
Marc de café	roche /
Mélange de bicarbonate + vinaigre blanc	gaz /
Bouteille en plastique	cheminée /
Goulot de la bouteille	cratère /
Liquide vaisselle	en lave

2,5/3

Evaluation d'Erynne

Note : 8,5/10 très bon travail !
A

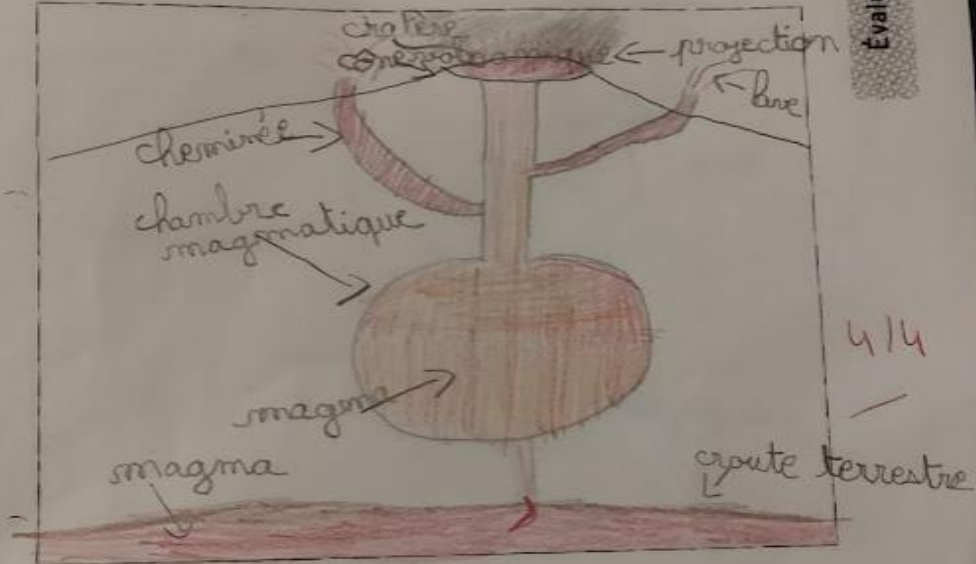
Evaluation de la séance 6 :

29 L'activité interne de la Terre : volcans et séismes

Nom : Erynne

Date : 17/01/2023

1 Dessine un schéma légendé sur lequel doivent apparaître les éléments suivants : le cratère - le cône volcanique - le magma - la chambre magmatique - la cheminée - la croûte terrestre et les projections.



Evaluation

4/4

2 Sers-toi des mots suivants pour décrire les deux sortes de volcans actifs : volcans gris - volcan rouge - violentes explosions - poussière - cendres - nuées ardentes - fumées - gaz - lave visqueuse - explosion faible - lave fluide.

3/3

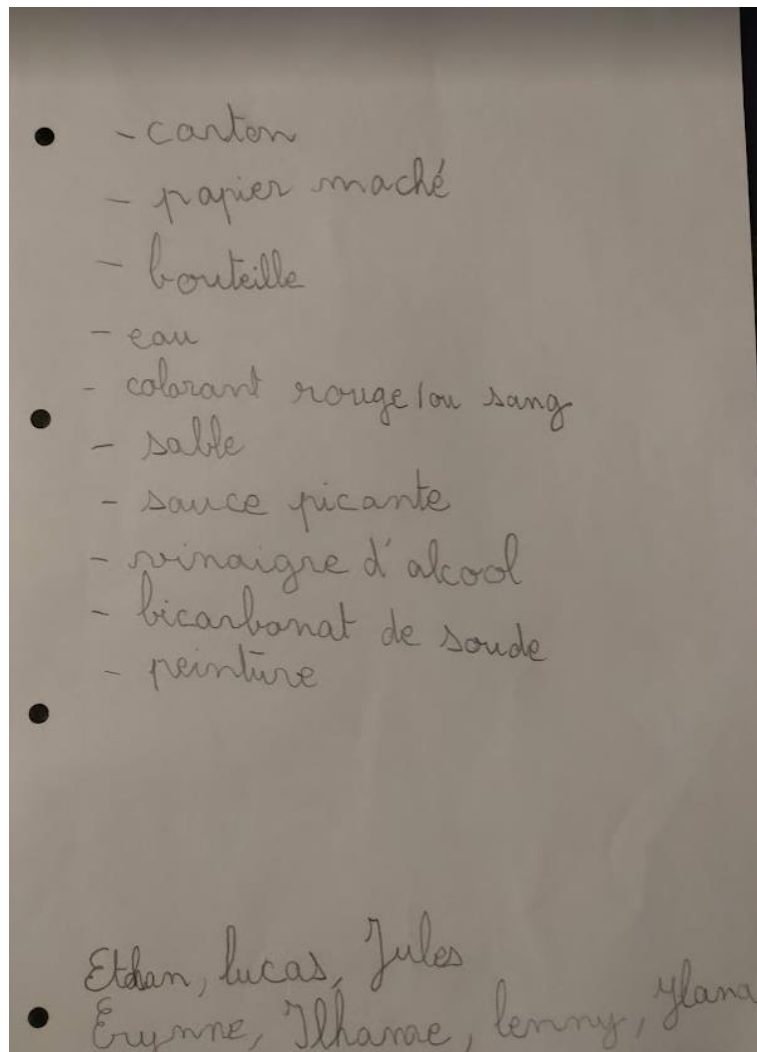
Les volcans gris provoque de violentes explosions, la lave est visqueuse il degage des nuées ardente, de la cendre, poussière fumé et du gaz. Volcan rouge subisse des explosion faible la lave est très fluide

3) Donne la correspondance de chaque élément dans la réalité :

Modélisation (modèle du volcan)	Réalité (vrai volcan)
Gouache rouge	lave
Marc de café	roche en fusion
Mélange de bicarbonate+ vinaigre blanc	explosion
Bouteille en plastique	cône volcanique
Goulot de la bouteille	chambre magmatique
Liquide vaisselle	lave

1,5/3

Annexe 5 : Photos des affiches avec les hypothèses des élèves sur le matériel possible pour fabriquer le modèle de volcan



Alice, Clément, Helya, Chloé, Aléo, Esthane, Léana

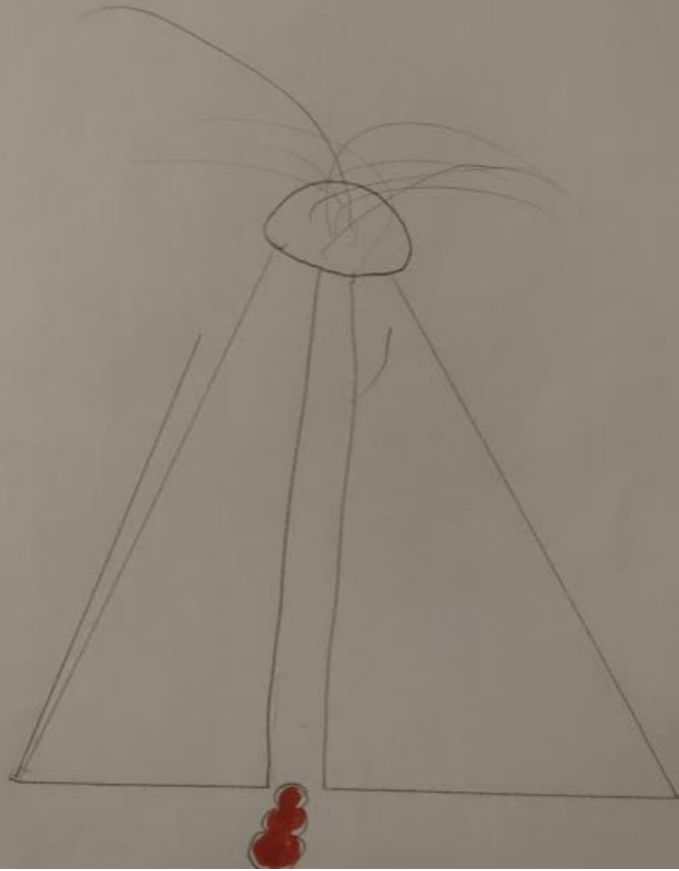
- - carton
- peinture
- scotch
- tyasse
- de la pâte durcissante
- maïsena
- charbon ou terre
- liquide ~~des~~ bouteilles



Ayoline, Ayaa,
Maylys, Malvina,
Malys, Amelys,
Amelre

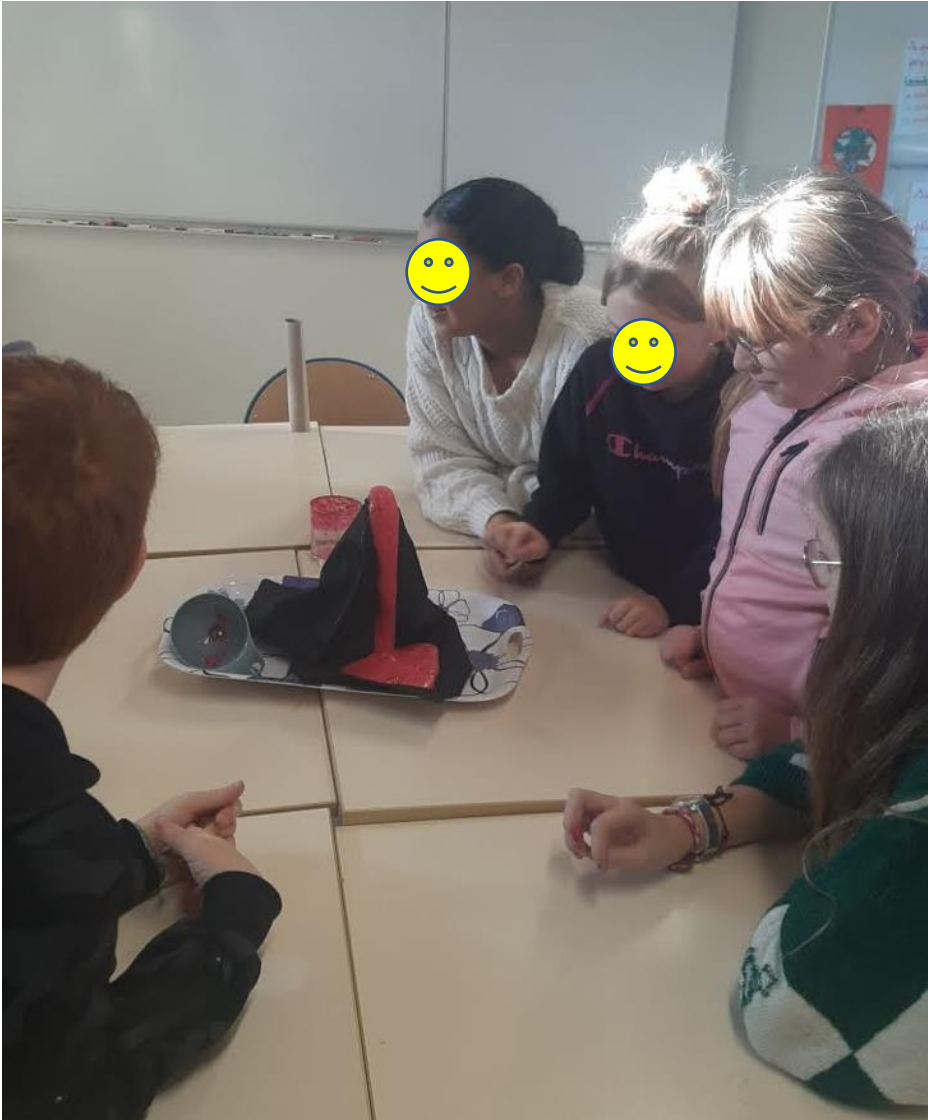
Quels matériaux ou ustensiles allez-vous
utiliser pour fabriquer votre modèle de volcan ?

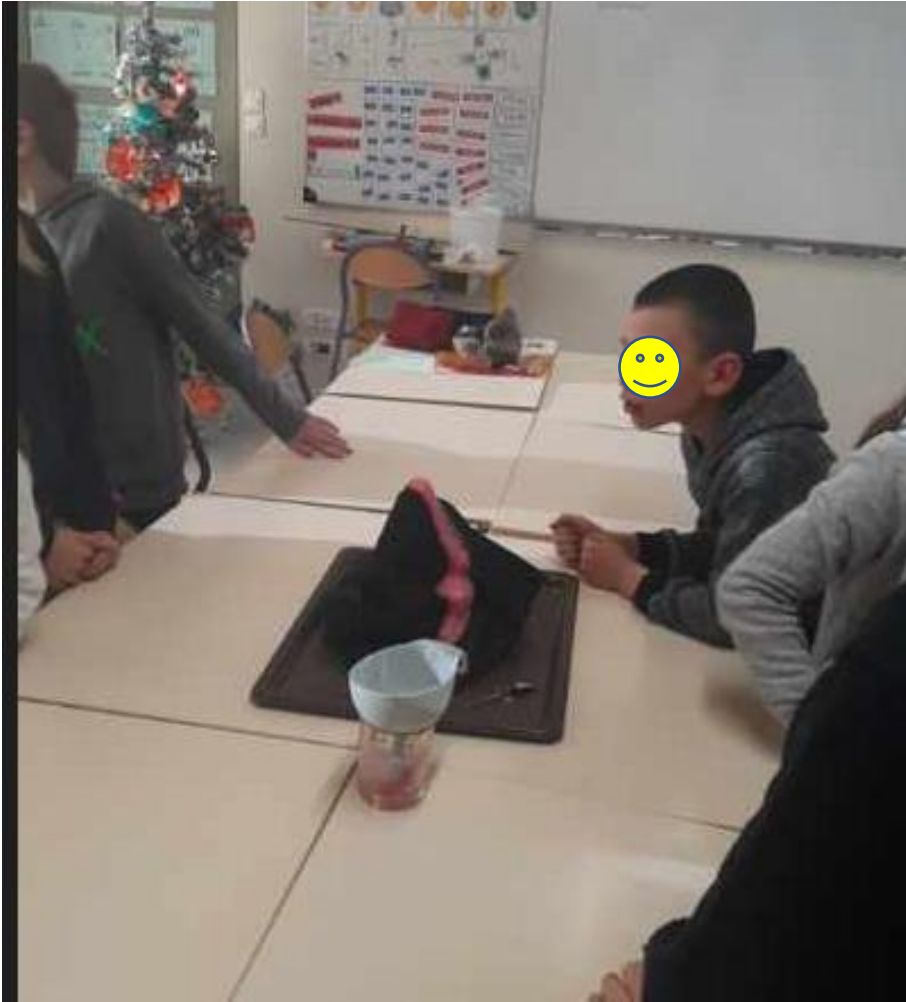
- carton, bouteille, eau colorée, papier, rouleau de papier,
mousse



Annexe 6 : Photos du modèle de volcan fabriqué par les élèves et de l'éruption







Annexe 7 : Guide d'entretien individuel directif auprès des professeurs des écoles (durée approximative de l'entretien : 20/30 minutes).

✚ Questions afin de connaître le profil de la personne interviewée

- 1) Depuis combien d'années exercez-vous en tant que professeur des écoles ?
- 2) Dans quel niveau de classe exercez-vous ?
- 3) Combien d'élèves comporte votre classe ?
- 4) Quelles études supérieures avez-vous effectuées ?
- 5) Etes-vous à l'aise avec l'enseignement des sciences ?

✚ Questions en rapport avec les conceptions initiales

- 1) Que sont les conceptions initiales des élèves pour vous ?
- 2) Est-ce que vous recueillez les conceptions initiales des élèves lors des séances de sciences ? Le faites-vous systématiquement ?
- 3) Comment vous y prenez-vous afin de recueillir les conceptions initiales ?
- 4) Est-ce que vous confrontez les conceptions initiales de vos élèves après les avoir relevées ?
- 5) A quel (s) moment (s) de la séquence recueillez-vous les conceptions initiales ?
- 6) Croyez-vous que ce soit utile de recueillir les conceptions initiales ?
- 7) Quel est l'intérêt de la démarche d'investigation scientifique sur l'évolution des conceptions initiales des élèves ?
- 8) Comment vous y prenez-vous afin de faire évoluer les conceptions initiales des élèves ?
- 9) Comment savez-vous que les conceptions initiales des élèves ont véritablement évoluées ?

✚ Questions en rapport avec la modélisation

- 1) Comment définiriez-vous la modélisation en sciences ?
- 2) Avez-vous déjà utilisé quelques modèles en sciences ? Précisez par quelques exemples
- 3) A quel (s) moment (s) de la démarche d'investigation introduisez-vous le modèle ?
- 4) Quels ont été pour vous les points positifs et négatifs de l'utilisation de ces modèles ?
- 5) Les modèles utilisés en cours de sciences sont-ils construits par vous-même et/ou par les élèves ?
- 6) Réalisez-vous des allers et retours entre le modèle et la réalité ? Par quels moyens ?

Résumé :

Ce mémoire a pour objet d'étude l'évolution des conceptions initiales des élèves vers des conceptions scientifiques grâce à l'utilisation d'un modèle de volcan en cours de sciences. En effet, l'objectif a été de démontrer les intérêts et les limites de l'utilisation d'un modèle de volcan effusif. Par ailleurs, nous nous sommes également interrogés sur l'intérêt de la démarche d'investigation sur l'évolution des conceptions initiales des élèves et sur le moment d'utilisation du modèle au sein de cette démarche. Une séquence a été mise en place en classe de CM2 durant laquelle les élèves ont fabriqué leur modèle de volcan. En outre, nous avons suivi l'évolution plus particulière des conceptions concernant la structure interne des volcans au travers de quatre prises de conceptions (initiales, intermédiaires, finales et après quelques mois suivant la fin de la séquence). De surcroît, des questionnaires de recherche ainsi que des entretiens individuels avec des professeurs des écoles ont permis d'alimenter notre réflexion sur la valeur pédagogique de la modélisation.

Mots-clés : modélisation- volcan- structure interne-conceptions initiales-conceptions scientifiques- représentations initiales- CM2 -démarche d'investigation.

Abstract :

The aim of this thesis is to study the evolution of students' initial conceptions towards scientific conceptions through the use of a volcano model in science lessons. Indeed, the aim was to demonstrate the benefits and limits of using a model of an effusive volcano. Furthermore, we also questioned the relevance of the investigative approach on the evolution of the students' initial conceptions and on the moment of use of the model within this approach. A sequence was set up in class pupil in year 6 during which the pupils made their model of a volcano. In addition, we followed the specific evolution of the conceptions concerning the internal structure of the volcanoes through four conceptions (initial, intermediate, final and after a few months following the end of the sequence). In addition, research questionnaires and individual interviews with schoolteachers helped us to reflect on the pedagogical value of modelling.

Keywords : modelling- volcano- internal structure- initial conceptions- scientific conceptions- initial representations- year 6 pupil -investigative approach.