



HAL
open science

Apports et limites de la modélisation dans l'acquisition des connaissances en classe de CE2/CM1 et PS

Orianne Lecerf

► **To cite this version:**

Orianne Lecerf. Apports et limites de la modélisation dans l'acquisition des connaissances en classe de CE2/CM1 et PS. Education. 2017. dumas-01613541

HAL Id: dumas-01613541

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01613541>

Submitted on 9 Oct 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



espe École supérieure
du professorat
et de l'éducation
Languedoc - Roussillon

MASTER MEEF mention 1er degré

« Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation »

Mémoire de 2^{ème} année

Année universitaire 2016 – 2017

**APPORTS ET LIMITES DE LA MODELISATION DANS L'ACQUISITION DES
CONNAISSANCES EN CLASSE DE CE2/CM1 ET DE PS**

LECERF ORIANNE

Directeur du mémoire : DE LA FOREST VALERIE

Assesseur : FOSSATI JACQUES

Soutenu le 18/05/2017

Sommaire

1) Choix du sujet de mémoire	1
2) Cadre théorique	2
2.1) Les enjeux des sciences à l'école	2
2.2) Historique des sciences à l'école	2
2.3) Démarches d'investigation	4
2.4) Généralités sur les modèles	6
3) Question de recherche, hypothèses et pistes de travail concernant la mise en place de modélisations fonctionnelles dans une classe de CE2/CM1	7
3.1) Question de recherche	7
3.2) Hypothèses de recherche et pistes de travail	8
4) Orientation méthodologique et condition de collecte des données de recherche	8
4.1) Présentation de la séquence	8
4.2) Présentation des modèles	9
4.2.1) Modélisation de l'œsophage	9
4.2.2) Modélisation de l'intestin grêle	10
4.3) Collecte des données	11
4.3.1) Modélisation de l'œsophage	11
4.3.2) Modélisation de l'intestin grêle	11
5) Données de recherche, traitement, analyse et interprétation	12
5.1) Rédaction des réponses attendues aux questionnaires	12
5.2) Mise en place de critères	13
6) Résultats obtenus pour la classe	15
6.1) Résultats concernant l'œsophage	15
6.1.1) Les connaissances des élèves en amont de la modélisation	15
6.1.2) Les connaissances des élèves en aval de la modélisation et la compréhension de la modélisation	16
6.2) Résultats concernant l'intestin grêle	17
6.2.1) Les connaissances des élèves	18
6.2.2) Les apports du modèle et sa compréhension	18
6.3) Evolutions observées entre les deux modélisations	20
6.4) Résultats par profil	20
6.4.1) En fonction des connaissances initiales	21
6.4.2) En fonction du niveau scolaire	23
7) Discussion	24

7.1)	Les résultats	24
7.2)	Méthodologie.....	25
7.3)	Attribution des degrés.....	26
8)	Conclusion du premier volet	26
9)	Question de recherche, hypothèses et pistes de travail concernant la mise en place de la modélisation descriptive dans une classe de PS.....	27
9.1)	Question de recherche.....	27
9.2)	Hypothèses de recherche et pistes de travail	27
10)	Orientation méthodologique et condition de collecte des données de recherche.....	28
10.1)	Présentation de la séquence.....	28
10.2)	Présentation des modèles	28
10.2.1)	Première modélisation.....	29
10.2.2)	Seconde modélisation.....	29
10.3)	Collecte des données.....	30
10.4)	Mise en place de critères d'observation.....	30
11)	Résultats.....	31
11.1)	Résultats obtenus lors de la première modélisation	31
11.1.1)	Éléments constitutifs de l'escargot.....	31
11.1.2)	Taille des tentacules	32
11.2)	Résultats obtenus au cours de la seconde modélisation	33
11.2.1)	Éléments constitutifs de l'escargot.....	33
11.2.2)	Taille des tentacules	34
11.3)	Evolution constatée entre les deux modélisations	34
12)	Discussion.....	35
12.1)	Les résultats.....	35
12.2)	La méthodologie	37
13)	Conclusion du second volet	38
15)	Bibliographie	40

1) Choix du sujet de mémoire

Ce mémoire aborde la modélisation de deux façons différentes. En effet, le premier chapitre traite de l'appareil digestif grâce à la mise en place de modèles fonctionnels tandis que c'est un modèle descriptif d'escargot qui sera présenté en seconde partie.

Le sujet de ce mémoire a pris naissance avec l'intérêt que je porte à la démarche d'investigation.

La démarche d'investigation en sciences s'appuie sur les conceptions initiales des enfants puis sur l'élaboration d'un questionnement vis-à-vis d'un problème donné. Elle débouche sur les hypothèses des élèves qu'il conviendra de valider ou non à partir d'une investigation pouvant prendre appui sur divers modalités : l'expérimentation, l'observation, la recherche documentaire, la modélisation ou encore les enquêtes et les visites.

Cependant, il n'est pas toujours possible d'expérimenter sur les objets réels : c'est très souvent le cas en astronomie, mais aussi lorsqu'on étudie des êtres vivants. Dans ces cas, avoir recours à la modélisation est un choix justifié.

Pour ce qui est du premier objet de ce mémoire, c'est à dire la digestion, si l'expérimentation n'est pas possible il est tout de même important de permettre aux élèves d'explorer le phénomène grâce à diverses manipulations, et ce en particulier afin de rendre visibles les transformations des aliments.

Ce sujet m'intéresse particulièrement dans la mesure où la modélisation de l'appareil digestif devrait permettre aux élèves de construire un système d'explication des différents phénomènes mis en jeu qui seraient difficilement accessibles autrement. Connaître les apports et les limites de la modélisation dans un tel cas me paraît essentiel pour mener à bien une telle séquence. Cette première partie de mon mémoire a été effectuée lors de mon année de M2B à l'ESPE de Toulouse lors de laquelle je n'avais pas de classe en responsabilité. Les modélisations ont donc été menées dans une classe de PES de double niveau composée de 15 élèves de CE2 et de 12 élèves de CM1.

Concernant le second objet de ce mémoire, il s'agit d'une modélisation descriptive effectuée cette année dans ma classe de 25 élèves de PS. Il m'a paru intéressant de prendre conscience de ce qu'il était possible de faire dans cette modalité d'investigation avec des enfants de cet âge. Cette fois-ci c'est la représentation simplifiée d'un être vivant qui a été proposé aux enfants et cela dans le but de mettre en évidence sa morphologie. Il ne s'agit plus d'un modèle pour comprendre mais d'un modèle pour décrire.

La compréhension des apports et des limites de la modélisation, dans ces deux cas de figure assez différents, devrait me permettre de mener une réflexion globale sur l'utilisation des modèles en classe et avoir des répercussions positives lors de leur recours dans d'autres séquences.

2) Cadre théorique

2.1) Les enjeux des sciences à l'école

Depuis deux décennies on constate une désaffection des étudiants dans les filières scientifiques. De plus, selon les cahiers pédagogiques, à cette désaffection s'ajoute « les interrogations des professeurs qui constatent une baisse de l'intérêt des élèves pour l'enseignement des sciences au long de leur scolarité » (2009).

Les enjeux des sciences à l'école concernent donc la formation de futurs scientifiques, mais aussi la création d'une culture scientifique pour tout citoyen.

En effet, les sciences expérimentales et les technologies ont pour objectif de comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine.

À l'école élémentaire, l'enseignement des sciences expérimentales et des technologies apprend aux élèves à être responsables face à l'environnement, au monde vivant, à la santé. Des projets pédagogiques spécifiquement orientés vers des questions de société permettent donc de travailler l'éducation à la santé, au développement durable, aux risques ; permettant aux enfants de comprendre comment la science permet d'appréhender ces questions et de mieux jouer son rôle de citoyen.

D'après les programmes officiels, au cycle 1 et dans le domaine « Explorer le monde », les élèves apprennent à « se repérer dans l'espace et le temps » et ils découvrent « le monde du vivant, de la matière et des objets » (2015). Au cycle 2, dans le domaine « Questionner le monde », « ils vont apprendre à le questionner de manière plus précise, par une première démarche scientifique et réfléchi » (2015). Enfin, au cycle 3 en « Sciences et technologie » « 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 » (2015).

De plus, la pratique d'activités scientifiques en classe contribue à la maîtrise du langage. L'enfant apprend à chercher le mot juste, la phrase correcte pour décrire ses observations. Il apprend aussi à produire et déchiffrer des graphiques, des tableaux de résultats, des schémas.

Dans le prochain paragraphe, nous dresserons un historique des sciences à l'école afin de comprendre la nature des savoirs, savoir-être et savoir-faire enseignés aujourd'hui. Puis nous verrons en quoi les démarches d'investigation développent la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique. Enfin, une partie traitera des généralités sur les modèles et notamment des modélisations fonctionnelles et descriptives qui sont l'objet de ce mémoire.

2.2) Historique des sciences à l'école

L'historique ci-dessous est inspiré, en partie, de l'article « Quand et comment a été pensé l'enseignement des sciences expérimentales ? » écrit par Berthou (1999).

Les premiers programmes qui ont inclus des notions de sciences datent de la fin du Second Empire, mais leur enseignement n'était alors pas obligatoire.

C'est en 1886, à partir de la loi organique, que l'instruction élémentaire comprend les leçons de choses et les premières notions scientifiques. Les leçons de choses issues d'une conception de l'enseignement centrée sur l'observation, étaient souvent des leçons de mots, l'enjeu n'était pas toujours de comprendre le monde mais de nommer les choses et au mieux d'en dégager une idée abstraite.

Les instructions officielles de 1923 vont promouvoir l'importance du caractère actif de l'enseignement des sciences physiques et naturelles à l'école primaire. En effet, « la méthode inductive sera mise en avant dans le but de former de futurs adultes et travailleurs productifs ». Mais en 1945 un arrêté modifie les programmes de l'enseignement primaire en réaffirme les particularités de la leçon de choses afin d'accorder plus de temps à la lecture, à l'écriture, au français et au calcul. Suite à cet arrêté l'observation semble être la seule opération en Science accessible à l'école primaire.

Les Instructions officielles de 1957 simplifient les programmes et donnent de nouvelles directives : « c'est la première fois qu'apparaît l'idée que l'objectif principal de l'enseignement des sciences puisse être la formation de l'esprit des élèves et non les contenus ».

Dans les années 1970, l'investigation a connu un essor en France, avec les « activités d'éveil scientifiques » de l'école primaire. L'investigation est préconisée comme procédure d'exploration du réel : observer, expérimenter, mesurer, schématiser, etc. L'utilisation d'une démarche scientifique sera consciente, bien qu'elle ne soit nommément citée dans les textes officiels. Il faut former l'esprit scientifique grâce à des enquêtes, comparaisons, classements, vérifications qui permettent à l'élève de construire sa pensée en développant une attitude critique à caractère scientifique.

Avec Jospin, dans les années 1990, l'enfant est mis au centre du système éducatif, c'est pourquoi il faut le prendre tel qu'il est, avec ses acquis et ses faiblesses, d'où l'importance de la prise en compte des connaissances initiales des élèves.

C'est en 1995 qu'apparaît, à l'initiative de l'Académie des sciences, le concept de "Main à la pâte". La Fondation « *La main à la pâte* » a pour mission de contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement de la science et de la technologie à l'école primaire et au collège, école du socle commun où se joue l'égalité des chances.

Son action vise à aider les enseignants à mettre en œuvre une pédagogie d'investigation permettant de stimuler chez les élèves esprit scientifique, compréhension du monde et capacités d'expression. Il s'agit, pour l'enseignant, non pas d'appliquer une méthode mais de permettre la mise en œuvre de démarches variées.

Les savoirs qui sont enseignés aujourd'hui ne seront peut-être plus valides demain, il importe surtout de doter les élèves, futurs citoyens, d'outils leur permettant de questionner le monde.

2.3) Démarches d'investigation

Les démarches d'investigation sont des ensembles d'étapes qui permettent d'aller de la formulation d'un problème à sa résolution.

Le schéma de la démarche tel qu'il est présenté ci-dessous (*Figure 1*) par Rojat subit des variations en fonction des circonstances, liées au sujet, à la classe et au hasard (2013). D'après Calmette et Matheron, « Cette démarche peut, en effet, relever d'une suite de moments plus ou moins agencés entre lesquels des allers-retours peuvent exister » (2014).

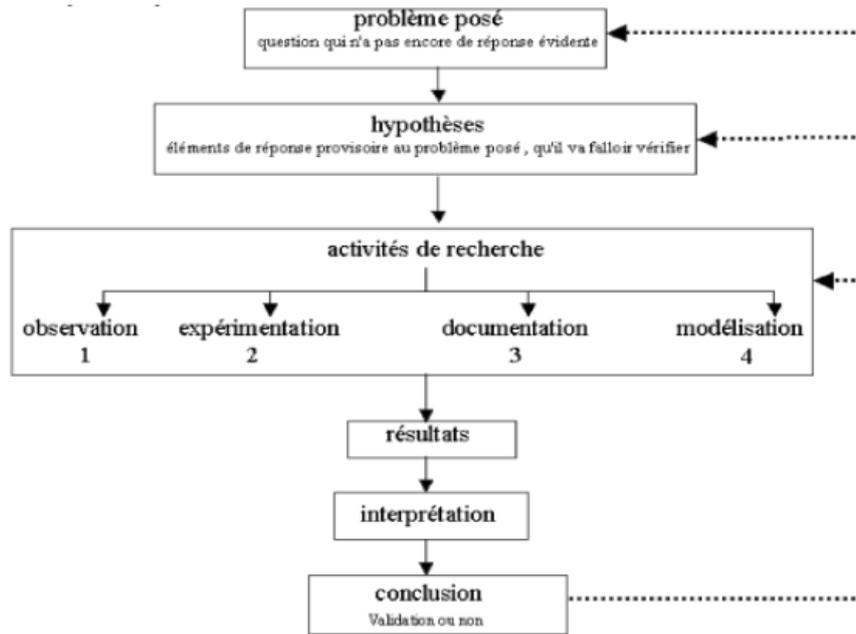


Figure 1 : Démarches d'investigation

(Source : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/17793/la-demarche-dinvestigation>)

Lors de la mise en place de démarches d'investigation les élèves doivent être actifs face aux apprentissages, ils ne doivent pas seulement recevoir du savoir, ils doivent aussi participer à son élaboration de façon à se l'approprier.

Pour cela, il est essentiel :

- que le professeur des écoles tienne compte des représentations des élèves, qui n'arrivent pas l'esprit vide de toute connaissance vis-à-vis des phénomènes étudiés.
- que l'apprentissage ait un sens pour les élèves ; il s'agira alors de valoriser la curiosité, la recherche et la prise de confiance, les échanges entre élèves aidant à cette prise de sens de l'activité.
- « de faire en sorte que l'apprentissage aboutisse à un acquis scientifique et méthodologique ce qui suppose des activités de verbalisation et la mise en relation des acquis entre eux, ou la remise en cause et la modification de ces acquis conduisant à leur structuration » selon Pierard (1993).

Ainsi, la première étape est la situation de départ qui permet d'introduire la séquence et de poser un problème qu'il s'agira de résoudre. Elle est choisie par l'enseignant pour faire naître la curiosité et l'envie chez les élèves. Après le recueil des conceptions initiales, les élèves vont émettre des idées, des questionnements, ainsi que des hypothèses. Ces hypothèses (ce que je pense) devront être testées lors d'une investigation afin de vérifier si elles sont validées ou infirmées (ce que je sais après la séquence).

Pour répondre au problème posé et pour vérifier les hypothèses, l'enseignant permet aux enfants de construire une démarche en mettant en place différents types d'investigation : une expérience, une modélisation, une observation, une recherche documentaire, ou encore une enquête ou une visite.

1 – Une expérience

Pour ce qui est de l'expérimentation, il sera nécessaire de définir clairement les objectifs de l'expérience, de se représenter ce qui va se passer, quel sera l'état de départ, sur quel paramètre on va agir et comment. Il faudra aussi mettre en place des témoins si cela est nécessaire, prévoir le dispositif expérimental et dresser la liste du matériel.

2 – Une modélisation

Le modèle, quant à lui, est un outil pour penser. C'est une construction qui constitue une réponse provisoire et partielle à un problème scientifique. Il permet de représenter et d'expliquer la réalité et d'établir des prévisions. 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). Ainsi le recours au modèle nécessite d'identifier ses limites pour éviter une représentation simpliste du réel.

3 – Une observation

L'observation peut être directe (à l'œil nu) ou assistée par un instrument (loupe). Ce qui distingue l'observation scientifique de l'observation ordinaire, c'est qu'elle sert à résoudre un problème, à partir d'un contact direct avec le réel.

4 - Une recherche documentaire

Lors d'une recherche documentaire l'élève se retrouve face à des écrits encyclopédiques, documentaires ou informatifs, des films, des photos ou encore des dessins. Les données récoltées peuvent être des données chiffrées, issues de comptage, de mesure et peuvent résulter d'expériences ou d'observations que l'on ne peut pas effectuer à l'école et qui ont été recueillis par des spécialistes.

5- Une enquête ou une visite

Enfin les enquêtes et les visites sont particulièrement ludiques et permettent la rencontre avec des spécialistes. Les ressources présentes dans les musées sont très importantes et il s'agit pour le professeur des écoles de préparer un parcours adapté aux objectifs et au niveau de sa classe.

Grâce à ces différents types d'investigation, les élèves vont acquérir des connaissances, des compétences et des attitudes. Suite à l'obtention de résultats, il faut les interpréter afin de vérifier les hypothèses qui ont été émises en début de séance.

Enfin, la confrontation du savoir construit par les élèves au savoir constitué par le monde savant est une étape indispensable. En effet, selon Drouard, « le recours au savoir savant a plusieurs intérêts tels que la validation ou la remise en question de ce qui a été trouvé par la classe, la possibilité de compléter les résultats obtenus par l'évocation d'autres cas ou encore la généralisation » (2008).

Tout au long de la démarche d'investigation des traces écrites sont produites en groupe classe avec une participation active des élèves qui dictent au professeur ce qu'il y a à retenir.

Enfin l'évaluation permet de voir si les objectifs fixés ont été atteints. Elle peut être mise en place en fin de séquence ou être morcelée tout au long des séances. Elle a pour but d'évaluer les connaissances mais aussi les savoir-faire et les savoir-être.

2.4) Généralités sur les modèles

1 - Intérêts de la modélisation à l'école

D'après 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).

Aussi, certains phénomènes sont impossibles à reproduire en classe. En effet, il existe des problèmes liés à la complexité, à la diversité, à la variabilité du vivant ainsi qu'à l'irréversibilité des phénomènes. Selon Guichard, il faut, de plus, « ajouter à cela les coûts matériels et le temps passé pour préparer certains dispositifs » (2006). C'est pourquoi il est souvent nécessaire de passer par la modélisation.

Cependant, il est important de distinguer enseignement de la modélisation et enseignement par la modélisation. Pour cela, Coquidé, définit l'enseignement de la modélisation comme « un enseignement prenant aussi en charge des contenus scientifiques, tandis qu'un enseignement par la modélisation prend souvent en compte la nature des modèles » (2006). A l'école primaire, il s'agira d'enseigner par la modélisation. Dans l'enseignement par la modélisation, l'objectif pédagogique principal est que les élèves construisent des savoirs en modélisant des phénomènes scientifiques.

2 – Définitions

Le modèle et la simulation sont des termes souvent employés en sciences expérimentales, cependant il est important de ne pas les confondre. La simulation revêt souvent la forme d'une application, développée avec un outil logiciel ou web, et faisant des calculs numériques à partir d'un modèle. Une simulation est généralement interactive, elle permet de changer des paramètres, de sélectionner des données mais aussi de créer des graphes.

Les modèles, quant à eux, sont des instruments pour explorer la réalité. Un modèle ne représente que certaines caractéristiques de l'objet ou du phénomène étudié.

Ainsi un modèle est toujours plus simple que l'objet, le phénomène ou le processus qu'il est supposé représenter et expliquer. C'est un moyen servant tant à la représentation qu'à l'étude d'un phénomène.

Les modèles peuvent donc avoir des rôles très différents. Effectivement, selon Coquide, « ils peuvent décrire, expliquer, prévoir ou encore aider à une prise de décision » (2006). Dans le cadre de ce mémoire deux types de modèles seront évoqués : les modèles de type fonctionnel et les modèles descriptifs.

Les modèles fonctionnels ont pour but « d'expliquer ». En effet, la construction d'un modèle fonctionnel permet de comprendre et d'expliquer une fonction. Elle permet de franchir une étape dans la compréhension et permet de se représenter un phénomène.

Les modèles descriptifs servent à décrire. Il s'agit de représenter un système existant et de mettre en évidence ses propriétés structurelles jugées comme étant les plus importantes et les plus intéressantes.

3) Question de recherche, hypothèses et pistes de travail concernant la mise en place de modélisations fonctionnelles dans une classe de CE2/CM1

3.1) Question de recherche

La thématique générale de ce mémoire est la modélisation en sciences expérimentales.

La question de recherche à laquelle nous allons essayer de répondre est la suivante : **Quels sont les apports et les limites de la modélisation dans l'acquisition des connaissances sur la digestion en classe de CE2/CM1 ?**

Les autres questionnements associés à cette question de recherche concernent à la fois les apports :

- En quoi la modélisation permet-elle d'aider à supprimer les conceptions erronées des élèves afin de construire le savoir scientifique ?
- La modélisation permet-elle une meilleure représentation de la digestion ?

Mais aussi les limites de la modélisation :

- En quoi la modélisation peut-elle tout de même faire naître des erreurs de représentations du fait des différences existantes entre le support et la réalité ?
- Comment faire pour dépasser ces erreurs ?

3.2) Hypothèses de recherche et pistes de travail

Les hypothèses de recherche sont les suivantes :

- La modélisation permet de rendre compréhensible un phénomène complexe. En effet, il est souvent nécessaire de simplifier des phénomènes scientifiques afin de les rendre accessibles aux élèves. Dans le cas de la digestion, la modélisation doit permettre une mise en évidence du rôle des muscles dans le déplacement du bol alimentaire ainsi qu'une meilleure compréhension des transformations subies par celui-ci dans les différents organes du tube digestif.
- De plus, le fait de posséder des connaissances vis-à-vis d'un organe devrait avoir un impact positif sur la compréhension du modèle mettant en jeu cet organe.
- Enfin, le niveau des élèves devrait lui aussi impacter la compréhension des modèles mis en place. On peut ainsi supposer que les élèves de CM1 atteignent une meilleure compréhension des différents modèles que des élèves de CE2.

Dans le cadre de la séquence qui sera proposée par la suite deux modélisations seront proposées pour expliquer un processus biologique, la première concernant la progression des aliments à l'intérieur de l'œsophage, la seconde concernant l'avancée du bol alimentaire et l'absorption des nutriments au niveau de l'intestin grêle.

4) Orientation méthodologique et condition de collecte des données de recherche

4.1) Présentation de la séquence

Afin de répondre aux questions de recherche une séquence sur la digestion a été effectuée dans une classe de double niveau composée de 15 élèves de CE2 et de 12 élèves de CM1. N'étant pas professeur stagiaire, je n'ai pu mener cette séquence dans ma propre classe.

Il faut savoir qu'une séquence concernant l'alimentation avait été réalisée précédemment en classe entière.

La séquence qui a été proposée est composée de 4 séances (*voir 1. Séquence sur la digestion en annexes*), chacune étant séparées en plusieurs parties.

La première séance concerne le recueil des conceptions initiales des élèves. La seconde traite des différents organes du tube digestif. La séance trois aborde la transformation des aliments dans le tube digestif. Enfin, la séance quatre clôture la séquence avec l'évaluation.

Deux modélisations ont été mises en place dans cette séquence : **la modélisation de l'œsophage** (deuxième partie - étape 2) et **la modélisation de l'intestin grêle** (troisième partie - étape 2). Elles ont été toutes les deux effectuées en séance 3.

Une troisième modélisation, cette fois-ci concernant l'estomac, était prévue. Elle aurait permis d'étudier, plus en profondeur, une possible évolution de la compréhension des modèles de la part des élèves. Malheureusement elle n'a pas pu être mise en place.

4.2) Présentation des modèles

Cette partie présente dans un premier temps la description de chaque modèle du point de vue de l'utilisation en classe puis, dans un second temps, des enjeux et des limites associés à chaque modèle.

4.2.1) Modélisation de l'œsophage

Utilisation en classe

Lors de cette modélisation, le matériel utilisé pour représenter l'œsophage est composé de deux types de tube de compositions différentes : un tube rigide qui sera éliminé par les élèves (car ne permettant pas de reproduire l'action de l'œsophage) et un tube mou (qui sera finalement retenu). Enfin, un aliment représentera le bol alimentaire.

Les élèves font passer l'aliment dans un tube rigide et observent que celui-ci descend (le tube est placé verticalement représentant la position debout).

Puis le PE demande de réaliser la même situation mais cette fois-ci en tenant le tube horizontalement, ce qui correspond à la position allongée. Cette fois l'aliment ne bouge pas, les élèves ne peuvent pas le faire passer d'un bout à l'autre.

Cependant l'enseignant fait remarquer qu'il est possible de manger en position allongée.

C'est pourquoi le tube rigide est remplacé par un tube souple. Cette fois, les élèves doivent faire avancer l'aliment dans le tube souple. Pour cela, ils vont devoir contracter leurs mains (représentant les muscles situés au niveau de la paroi de l'œsophage) le long du tube positionné horizontalement.

Enjeux et limites

Dans le cas de la modélisation de l'œsophage, les élèves pensent souvent que les aliments tombent par gravité. Grâce au modèle les élèves pourront comprendre par la manipulation que ce sont les muscles autour de la paroi de ce dernier qui font avancer les aliments.

Concernant les limites de la modélisation il s'agit, tout d'abord, de la non différenciation entre le modèle et la réalité. Effectivement, une corrélation permanente entre le modèle et le réel doit être mise en place pour que les élèves puissent transposer chaque élément matériel du modèle ainsi que chaque action à la réalité. Il faut que l'élève comprenne la transposition entre le tube et l'œsophage ainsi qu'entre l'action des mains et celles des muscles.

4.2.2) Modélisation de l'intestin grêle

Utilisation en classe



Figure 2: Récupération de la bouillie à l'extrémité finale du collant lors de la modélisation de l'intestin grêle

Le modèle utilisé simule le déplacement des aliments dans l'intestin grêle grâce à un collant en nylon (qui représente l'intestin) et à de la bouillie de gâteau (qui constitue le bol alimentaire arrivant à l'entrée de l'intestin).

Avant de commencer l'expérience les élèves ont reproduit succinctement les étapes de la digestion qui précèdent le passage dans l'intestin grêle (broyage et brassage du gâteau) pour obtenir une bouillie.

La bouillie obtenue est introduite par les élèves dans un collant en nylon troué aux deux extrémités. Les élèves font passer la bouillie dans le collant au dessus d'une bassine (Figure 2). Pour cela, ils contractent leurs mains sur toute la longueur du collant. Lors du déplacement, une partie de la bouillie a traversé le collant en passant par les mailles de ce dernier (ce sont les nutriments qui, assez petits, sont absorbés). Les élèves récupèrent ce qu'il reste de la bouillie à l'extrémité finale du collant (tout ce qui n'est pas absorbé est rejeté par le corps).

Lors de la réalisation des deux modélisations le rôle du PE est très important. Il explique les phénomènes observés et fait le lien entre chaque élément du modèle et sa transposition dans la réalité.

Enjeux et limites

Pour ce qui est de la modélisation de l'intestin grêle, les élèves vont pouvoir observer qu'une partie des aliments a traversé la paroi de ce dernier. Ainsi les élèves vont visualiser la transformation des aliments en éléments capables de traverser l'intestin grêle pour passer dans le sang. Cette modélisation devrait aussi permettre de mettre en évidence le fait que l'autre partie des aliments (ce qui a été obtenu dans l'assiette en fin de modélisation) continue son trajet vers le gros intestin.

Lors de cette modélisation, l'élève doit aussi comprendre que l'action effectuée par ses mains représente celle des muscles de l'intestin grêle. Il faudra aussi porter attention à la durée du trajet parcouru par le bol alimentaire dans l'intestin grêle qui est de quelques heures en réalité alors qu'elle sera de quelques minutes lors de la modélisation. De plus, la longueur réelle de l'intestin est de plusieurs mètres en réalité tandis que le collant ne mesure que quelques dizaine de centimètres.

Il faut aussi que les élèves aient conscience de ce qui se trouve avant (estomac) et après le collant (gros intestin), contrairement à ce qui se passe lors de la modélisation le déplacement du bol alimentaire est continu. Des limites pourront aussi concerner la texture, la porosité ou d'autres caractéristiques de l'intestin grêle (comme le fait, qu'en réalité, il soit enroulé et replié plusieurs fois sur lui-même).

Enfin, d'autres limites concernant la prégance des conceptions initiales pourront apparaître. Cela peut arriver si la modélisation est trop éloignée de l'idée que se fait l'élève du phénomène.

Cette liste n'est pas exhaustive et il s'agira de mettre en œuvre la modélisation du déplacement du bol alimentaire dans l'œsophage puis dans l'intestin grêle afin de mieux observer les limites de validité des modèles qui pourront alors être travaillées avec les élèves.

4.3) Collecte des données

La collecte des données est réalisée pendant la séance 3 lors de la modélisation de l'œsophage et lors de celle de l'intestin grêle sous forme de questionnaires donnés à remplir aux élèves individuellement (les modèles des questionnaires se trouvent en annexes, partie B).

4.3.1) Modélisation de l'œsophage

Pour la partie sur l'œsophage, avant la séance, un court questionnaire (le **questionnaire 1**) est donné aux élèves. Il concerne :

- Le fonctionnement de l'œsophage
- Le déplacement du bol alimentaire dans l'œsophage

Il s'agit ici d'apprécier les connaissances des élèves afin de se rendre compte des apports et des limites de la modélisation qui sera proposée ensuite.

Après la modélisation de l'œsophage un nouveau questionnaire (le **questionnaire 2**) sera distribué aux élèves. Il concerne :

- Le fonctionnement de l'œsophage et le déplacement du bol alimentaire
- La compréhension du modèle qui vient d'être réalisé (lien modèle / réalité)

4.3.2) Modélisation de l'intestin grêle

Concernant l'intestin grêle, le même protocole que pour l'œsophage est appliqué. Ainsi, avant la séance concernant cet organe, un court questionnaire est distribué aux élèves (le **questionnaire 3**) afin d'avoir accès à leurs connaissances vis-à-vis de l'intestin grêle avant la modélisation. Les éléments observés seront :

- Le fonctionnement de l'intestin grêle
- Le déplacement des aliments dans l'intestin grêle

Une fois que les élèves auront réalisé la modélisation, ils répondront à de nouvelles questions (le **questionnaire 4**) traitant :

- La compréhension du modèle (lien modèle/réalité)

5) Données de recherche, traitement, analyse et interprétation

Ci-dessous sont présentées les questions des 2 questionnaires propres à l'œsophage ainsi que les 2 questionnaires traitant de l'intestin grêle.

De plus, afin de pouvoir traiter les données récoltées, les réponses attendues aux différents questionnaires ont été rédigées en amont.

5.1) Rédaction des réponses attendues aux questionnaires

Questionnaire 1

1) A ton avis, comment fonctionne l'œsophage ?

Dans l'œsophage les aliments ne font que descendre, c'est un simple lieu de passage.

2) Comment les aliments se déplacent-ils dans l'œsophage ?

Les aliments se déplacent grâce à des muscles.

Questionnaire 2

1) Que venons-nous de faire ?

Nous venons d'effectuer une modélisation.

a. Pour montrer quoi ?

Nous venons d'effectuer une modélisation pour montrer le fonctionnement de l'œsophage.

b. Grâce à quoi le bol alimentaire se déplace t-il dans l'œsophage ?

Le bol alimentaire se déplace dans l'œsophage grâce aux muscles.

c. Lors de la modélisation, que représentaient :

Les mains : *Les mains représentaient les muscles.*

Le tube : *Le tube représentait l'œsophage.*

Les coquillettes : *Les coquillettes représentaient le bol alimentaire.*

Questionnaire 3

1) A ton avis, comment fonctionne l'intestin grêle ?

Dans l'intestin grêle les aliments se déplacent et subissent des transformations.

2) Comment les aliments se déplacent-ils dans l'intestin grêle ?

Les aliments se déplacent grâce à des muscles.

Questionnaire 4

1) Que venons-nous de faire ?

Nous venons d'effectuer une modélisation.

2) Pour montrer quoi ?

Nous venons d'effectuer une modélisation pour montrer le fonctionnement de l'intestin grêle.

3) Lors de la modélisation, que représentaient :

Les mains : *Les mains représentaient les muscles.*

Le collant : *Le collant représentait l'intestin grêle.*

La partie de gâteau passée à travers les mailles du collant : *Elle représentait les nutriments passant la paroi de l'intestin grêle.*

La partie de gâteau obtenue dans l'assiette : *Elle représentait les nutriments qui ne sont pas digérés et qui seront rejetés sous forme d'excréments.*

5.2) Mise en place de critères

Différentes variables ont permis de traiter les réponses obtenues à partir :

- (1) des questionnaires auxquels les élèves ont répondu en amont des modélisations (le **questionnaire 1** et le **questionnaire 3**)
- (2) des questionnaires remplis en aval de la modélisation (le **questionnaire 2** et le **questionnaire 4**)

Ces deux variables sont respectivement les suivantes :

- (1) les connaissances de l'élève avant toute modélisation
- (2) les connaissances de l'élève ainsi que les apports et la compréhension de la modélisation pour le **questionnaire 2** et seulement les apports et la compréhension de la modélisation pour le **questionnaire 4**

Différents degrés ont été mis en place pour traiter les réponses des élèves en fonction qu'il s'agit des connaissances de l'élève ou des apports du modèle et sa compréhension. Ces degrés se basent sur les réponses aux questionnaires présentées dans la partie précédente.

Les réponses des élèves ont donc été classées selon **4 degrés** qui sont explicités ci-dessous :

Le degré 0 : l'élève n'a répondu à aucune des questions posées	
Connaissances	Apports et compréhension de la modélisation
<p>Le degré 0 est atteint lorsque l'élève n'a répondu à aucune question du questionnaire ou si ce dernier a commencé à formuler un début de phrase composé de seulement quelques mots qui ne sont pas compréhensibles.</p> <p>Dans ce cas on peut supposer que l'élève a manqué de temps pour répondre, qu'il éprouve des difficultés à écrire ou encore qu'il ne connaissait pas la réponse.</p>	

Le degré 1 : l'élève ne sait pas / n'a pas compris	
Connaissances	Apports et compréhension de la modélisation
L'élève écrit qu'il ne sait pas répondre à la question ou sa réponse témoigne de la méconnaissance de la réponse.	L'élève écrit qu'il ne sait pas répondre à la question ou sa réponse témoigne de la non compréhension du modèle.

Le degré 2 : l'élève sait en partie / a compris en partie	
Connaissances	Apports et compréhension de la modélisation
La réponse de l'élève est incomplète ou il y a des éléments contradictoires.	La réponse de l'élève révèle la compréhension du modèle mais elle n'est pas complète ou il y a des éléments contradictoires.

Le degré 3 : l'élève sait / l'élève a compris	
Connaissances	Apports et compréhension de la modélisation
La réponse de l'élève témoigne de la totalité de connaissances souhaitées.	La modélisation a été comprise par l'élève. Il est capable d'expliquer ce qu'il a fait et de transposer les éléments de la modélisation dans le réel.

Lorsque plusieurs questions d'un même questionnaire sont traitées ensemble, « une moyenne » a été effectuée pour attribuer un degré.

Suite à ce traitement de données, les connaissances des élèves concernant l'œsophage et l'intestin grêle ainsi que les apports et la compréhension du modèle ont été représentés graphiquement. Les données sont exprimées en nombre d'élèves ainsi qu'en pourcentage (même si l'échantillonnage n'est pas assez grand pour que cela soit significatif) afin de pouvoir comparer les deux modélisations qui n'ont pas été effectuées avec le même nombre d'élèves.

6) Résultats obtenus pour la classe

6.1) Résultats concernant l'œsophage

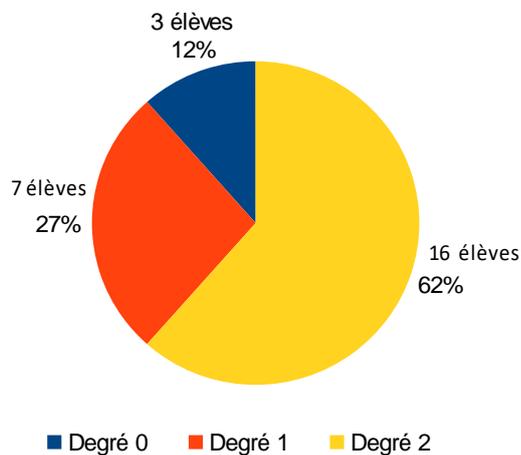
Les connaissances des élèves ainsi que les apports et la compréhension de la modélisation sont exprimés graphiquement grâce aux degrés explicités ci-dessus.

Lors de cette modélisation 26 élèves étaient présents.

6.1.1) Les connaissances des élèves en amont de la modélisation

Les réponses des élèves au questionnaire 1 sont présentées dans le graphique ci-dessous. Elles représentent les connaissances initiales des élèves vis-à-vis de l'œsophage.

Connaissances des élèves sur l'oesophage en amont de la modélisation



On remarque que 3 élèves n'ont pas répondu à ce questionnaire.

Les autres élèves de la classe (23 élèves) sont répartis en deux catégories : 7 élèves ne savent pas comment fonctionne l'œsophage et comment se fait le déplacement des aliments dans cet organe tandis que la majorité des élèves de la classe (16 élèves) savent en partie répondre à ces questions.

Ainsi, aucun élève n'a donné toutes les connaissances attendues lors de ce questionnaire.

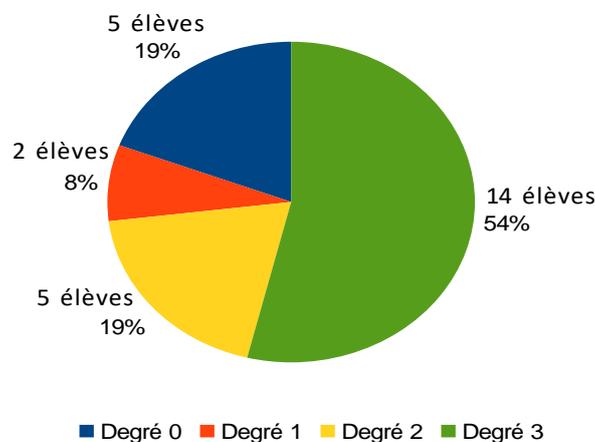
Les élèves qui ne savent pas sont ceux dont la réponse est erronée (ex : Les aliments sont écrabouillés dans l'œsophage). Ce sont aussi les élèves qui ne répondent pas vraiment à la question, c'est-à-dire les élèves qui ne donnent pas d'informations sur le moteur du déplacement des aliments ni sur le fait que les aliments ne subissent pas de transformations dans l'œsophage (ex : L'œsophage sert à rejoindre l'estomac).

Pour les 23 élèves qui savent répondre en partie aux questions, on remarque que leurs réponses sont souvent incomplètes. Ces élèves savent que l'œsophage est un simple lieu de passage (ex : Les aliments se déplacent dans l'œsophage petit à petit avec la salive.) Mais aucun de ces élèves n'a donné toutes les connaissances attendues lors de ce questionnaire. En effet, personne dans la classe n'émet la présence de muscles pour permettre le déplacement des aliments.

6.1.2) Les connaissances des élèves en aval de la modélisation et la compréhension de la modélisation

Les réponses des élèves au questionnaire 2 sont présentées en deux graphiques : le premier concerne les connaissances sur l'œsophage des élèves en aval de la modélisation (question 3), tandis que le second graphique présente la compréhension du modèle par les élèves (questions 1,2 et 4).

Connaissances des élèves sur l'oesophage en aval de la modélisation



On remarque que 5 élèves n'ont pas répondu à la question 3.

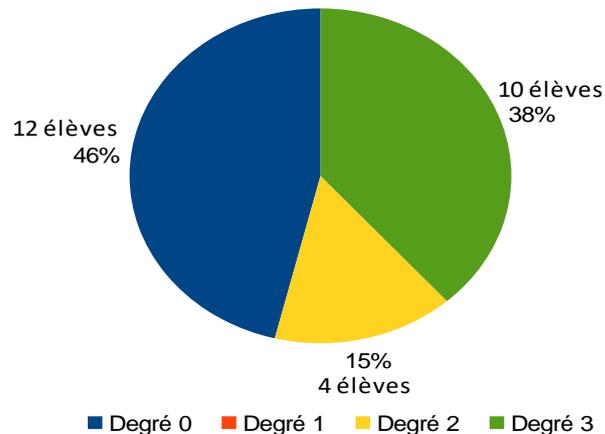
De plus, 2 élèves ont montré dans leurs réponses qu'ils n'avaient pas les connaissances attendues. Ces élèves n'ont pas évoqué les muscles et font référence à l'étape précédente ou à un autre élément (ex : Le bol alimentaire se déplace grâce aux os).

Cinq élèves ont montré qu'ils connaissaient en partie la réponse attendue. Ces élèves ont compris qu'une action de contraction était à l'origine du déplacement du bol alimentaire dans l'œsophage mais ils n'ont pas su faire la transposition du modèle dans le réel (ex : Le bol alimentaire se déplace grâce aux mains).

Les 14 élèves restants ont montré la totalité des connaissances attendues.

Enfin, ce second graphique présente les différents degrés de compréhension de la modélisation de l'œsophage atteints par les élèves.

Compréhension de la modélisation de l'oesophage



On note que 12 élèves n'ont pas répondu aux questions 1,2 et 4 du questionnaire 2 faisant référence à la compréhension du modèle.

On remarque aussi que 4 élèves ont atteint le degré 2. Ces élèves qui semblent n'avoir compris qu'en partie la modélisation ont souvent répondu à trop peu de questions pour s'assurer d'une réelle compréhension du modèle.

Enfin, dans les questionnaires révélant une bonne compréhension du modèle, ce qui concerne 10 élèves, on note que ces derniers savent expliquer ce qu'ils ont fait et trouver la correspondance dans le réel pour la plupart des éléments. Cependant « les coquillettes » est un élément qui a posé problème. En effet, la correspondance dans le réel aux coquillettes n'est souvent pas donnée par les élèves (pas de réponse). La réponse attendue étant le bol alimentaire, « les coquillettes » restent tout de même des « coquillettes » dans la réalité c'est peut-être pourquoi cela a posé problème aux élèves. Il est à noter, que pour prendre en compte cela, le degré 3 a été attribué aussi aux élèves ayant transposé tous les éléments sauf les coquillettes.

Enfin, l'analyse détaillée des questionnaires fait apparaître que la notion de muscles est citée 17 fois sur les 26 questionnaires alors qu'elle n'était jamais apparue dans les connaissances initiales des élèves. La modélisation semble donc avoir permis aux élèves de réaliser l'importance des muscles dans la progression des aliments au sein de l'œsophage.

6.2) Résultats concernant l'intestin grêle

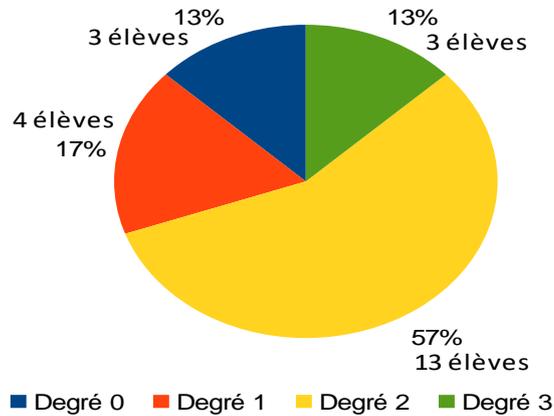
Les connaissances des élèves puis les apports et la compréhension de la modélisation concernant l'intestin grêle sont exprimés graphiquement dans cette partie.

Pour rappel, 23 élèves étaient présents lors de cette modélisation contre 26 lors de la modélisation de l'œsophage.

6.2.1) Les connaissances des élèves

Les réponses des élèves au questionnaire 3 sont présentées graphiquement ci-dessous. Elles représentent les connaissances initiales des élèves vis-à-vis de l'intestin grêle.

Connaissances des élèves sur l'intestin grêle en amont de la modélisation



On remarque que 3 élèves n'ont pas répondu à ce questionnaire.

De plus, on constate que 4 élèves de la classe n'ont pas de connaissances sur le fonctionnement de l'intestin grêle et le déplacement des aliments dans cet organe. Ces élèves ont répondu pour la plupart en donnant des caractéristiques morphologiques de l'intestin grêle (ex : Je pense que l'intestin grêle est grand/C'est un tuyau).

Cependant la majorité des élèves (13 élèves) avait des connaissances sur le fonctionnement de l'intestin grêle avant d'effectuer la modélisation mais celles-ci sont incomplètes (ex : En fait, ce devient de plus en plus petit).

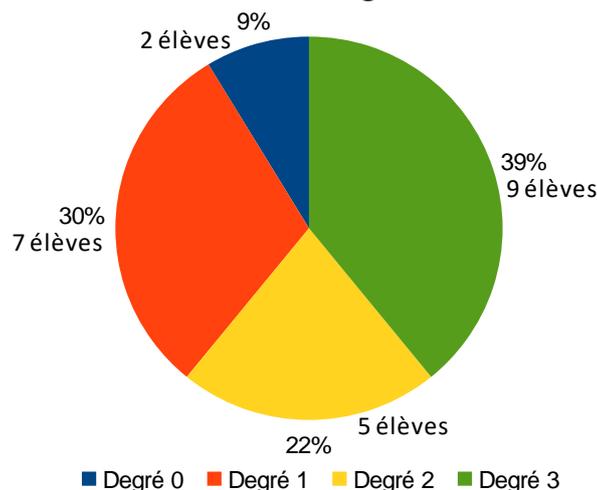
Enfin, ce questionnaire permet de mettre en évidence 3 élèves qui ont une bonne représentation de l'œsophage et qui ont répondu avec toutes les connaissances souhaitées aux questions posées. Contrairement au premier questionnaire concernant l'œsophage, ces élèves soumettent l'idée que les muscles permettent aux aliments de se déplacer dans l'intestin grêle. La première modélisation semble avoir eu des conséquences sur les représentations des élèves. Il s'agit sans doute d'un réinvestissement ou d'une généralisation de ce qu'ils ont découvert grâce à la modélisation de l'œsophage.

6.2.2) Les apports du modèle et sa compréhension

Les réponses des élèves au questionnaire 4 sont présentées dans le graphique situé à la page suivante. Elles représentent la compréhension du modèle par les élèves.

Dans ce cas et du fait de la formulation des questions posées il n'est pas possible d'évaluer les connaissances en aval de la modélisation pour cet organe.

Compréhension de la modélisation de l'intestin grêle



On note que 2 élèves n'ont pas répondu à ce questionnaire.

Sur les 21 élèves restants 7 élèves semblent ne pas avoir compris la modélisation effectuée, 5 élèves semblent l'avoir en partie comprise tandis que 9 élèves en montrent une véritable compréhension.

Les 7 élèves semblant ne pas avoir compris la modélisation ne sont pas capables d'expliquer ce qu'ils ont fait (ex : On fait de la bouillie) ni de faire le lien entre les éléments utilisés lors de la modélisation et le réel. En effet, on remarque souvent que ces élèves n'ont pas donné la correspondance dans le réel des éléments mais plutôt leur utilité lors de la modélisation (ex : Les mains servent à écraser le gâteau / Le collant sert à mettre la bouillie dedans) ou des caractéristiques des éléments (ex : Les mains sont pleines de jus/ Le collant est mouillé).

On peut se demander si la question était suffisamment claire et bien formulée même si le même type de réponse n'est pas apparu lors du questionnaire 2 comportant pourtant les mêmes formulations de question.

Dans les questionnaires des élèves qui semblent n'avoir compris qu'en partie la modélisation, ceux-ci ont souvent répondu à trop peu de questions pour s'assurer d'une réelle compréhension du modèle. Ils sont souvent capables de dire ce qu'ils ont fait (ex : On a fait une modélisation pour montrer comment marche l'intestin grêle) mais pas de transposer les éléments de la modélisation dans le réel.

Enfin, les 9 élèves montrant une bonne compréhension du modèle sont capables d'expliquer ce qu'ils ont fait et de faire le lien entre la modélisation et le réel.

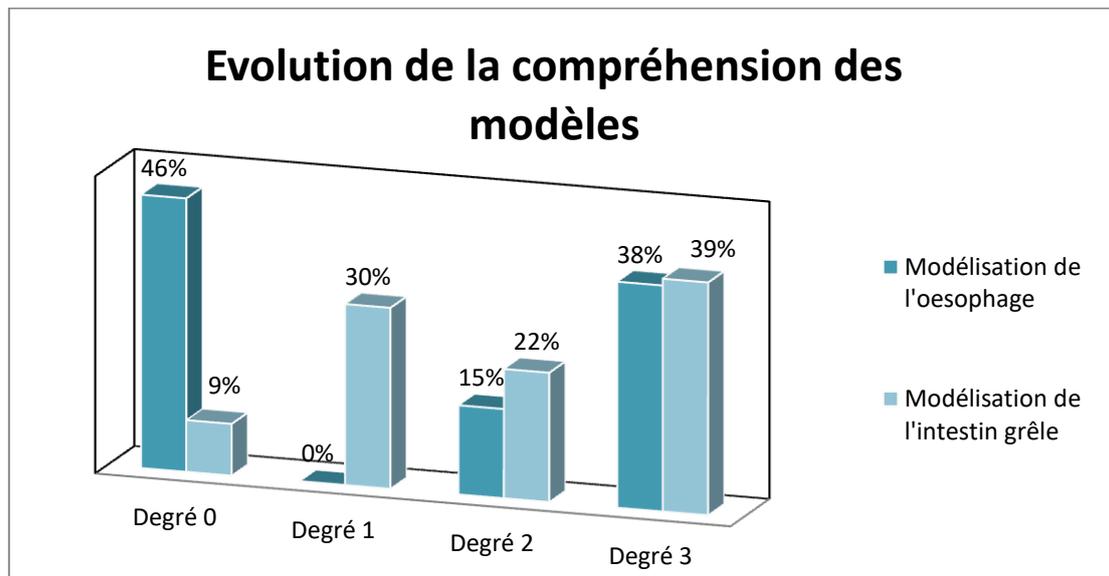
En général, on remarque que dans la classe de nombreux élèves parlent d'expérience au lieu de modélisation. Peut-être aurait-il été nécessaire d'insister sur le terme de modélisation pour que cela ne se produise pas.

De plus, si les élèves sont nombreux à trouver que les mains représentaient les muscles et le collant l'intestin grêle il n'en est pas de même pour le gâteau. En effet, plus rares sont les élèves notant les termes de nutriments et d'excréments sur leurs questionnaires.

6.3) Evolutions observées entre les deux modélisations

Afin d'étudier une possible évolution positive entre les deux modélisations du point de vue de la compréhension des modèles, le pourcentage d'élèves ayant atteint chaque degré pour chaque modèle a été représenté graphiquement.

Les résultats sont exprimés uniquement en pourcentage car le nombre d'élèves est différent sur les deux séries.



On aurait pu s'attendre à ce que les élèves à la fin de la deuxième modélisation soient beaucoup plus nombreux à atteindre les degrés 2 et 3 suite à une meilleure compréhension de ce qu'est une modélisation et donc à une meilleure transposition des éléments du modèle dans le réel. Cependant, on remarque sur ce graphique que les pourcentages d'élèves ne sont pas significativement différents pour ces deux degrés. Deux modélisations ne semblent pas être suffisantes pour observer un effet positif du point de vue de la compréhension des élèves face à la modélisation.

Toutefois, on remarque qu'il y a une grosse différence pour ce qui est des degrés 0 et 1. En effet, le nombre d'élèves n'apportant pas de réponse est beaucoup plus important lors de la première modélisation que lors de la seconde. De plus, 30% des élèves semblent ne pas avoir compris la seconde modélisation, alors qu'il n'y en a aucun lors de la première modélisation.

Ainsi, on peut supposer que le fait d'avoir déjà effectué une modélisation et de connaître le type de questionnaire propre à ces modèles ait permis aux élèves de s'exprimer plus facilement.

6.4) Résultats par profil

Différents profils d'élève ont été créés afin d'observer leurs possibles impacts sur la compréhension des modèles.

Premièrement, il s'agit de profils d'élève construits en fonction des connaissances initiales vis-à-vis de l'organe dont dépend la modélisation.

Dans un second temps, il s'agit de profils d'élève créés en fonction du niveau scolaire, la classe étant constituée d'élèves de CE2 et de CM1.

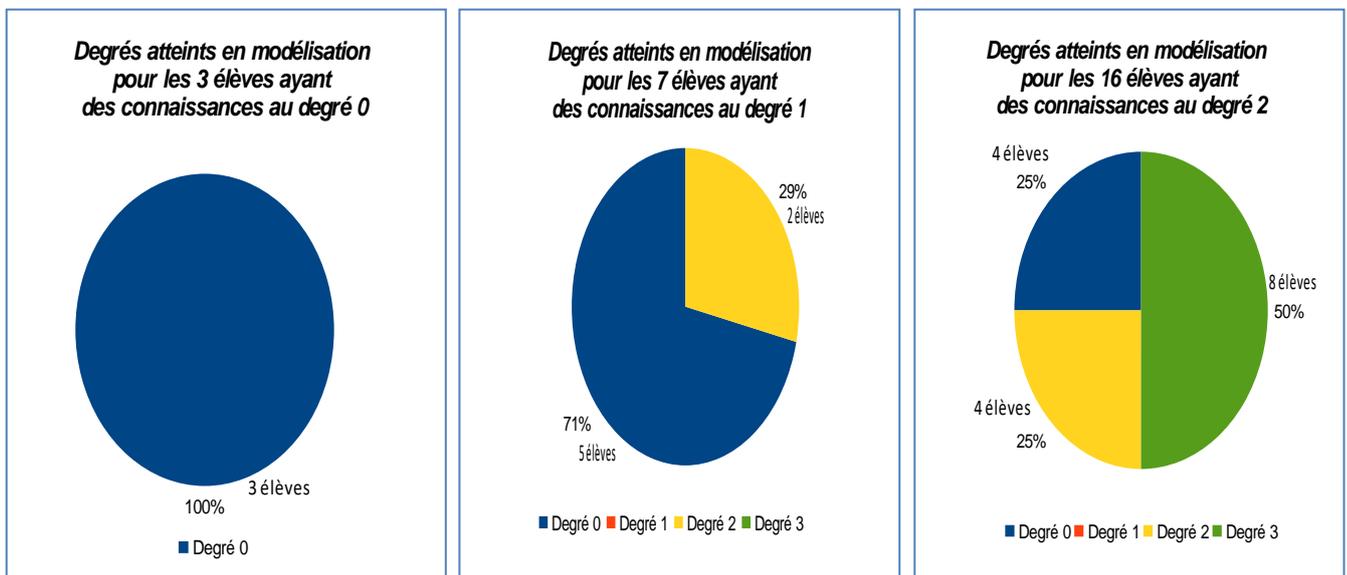
6.4.1) En fonction des connaissances initiales

Premièrement, afin d'observer le lien entre les connaissances initiales des élèves vis-à-vis d'un organe et leur compréhension de la modélisation de cet organe plusieurs profils d'élève ont été construits.

Il s'agit d'observer la compréhension des modèles de l'œsophage et de l'intestin grêle pour des élèves ayant de connaissance aux degrés 0, 1, 2 ou 3 de cet organe avant modélisation.

6.4.1.1) Résultats pour l'œsophage

Les secteurs ci-dessous présentent, pour l'œsophage, les degrés atteints en compréhension de la modélisation des élèves ayant des connaissances initiales au degré 0, 1 ou 2.



On remarque que les 3 élèves n'ayant pas répondu au questionnaire 1 concernant les connaissances sur l'œsophage n'ont pas donnée de réponse au questionnaire 2 sur la compréhension du modèle.

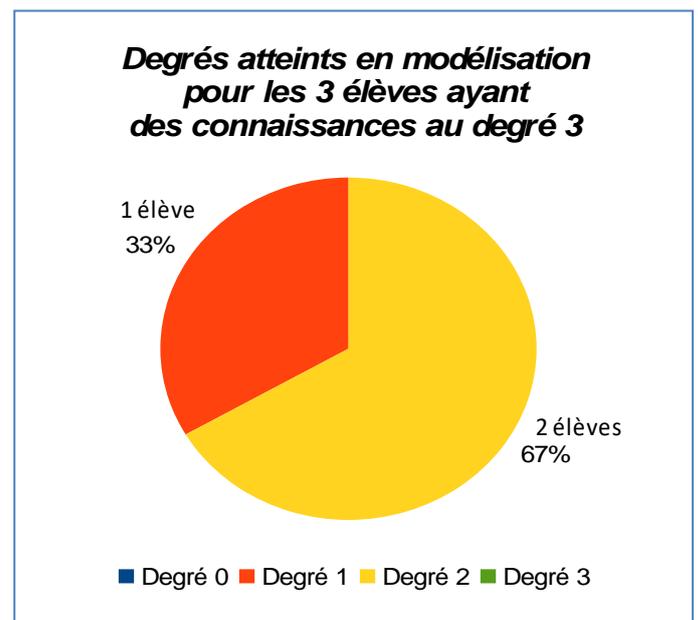
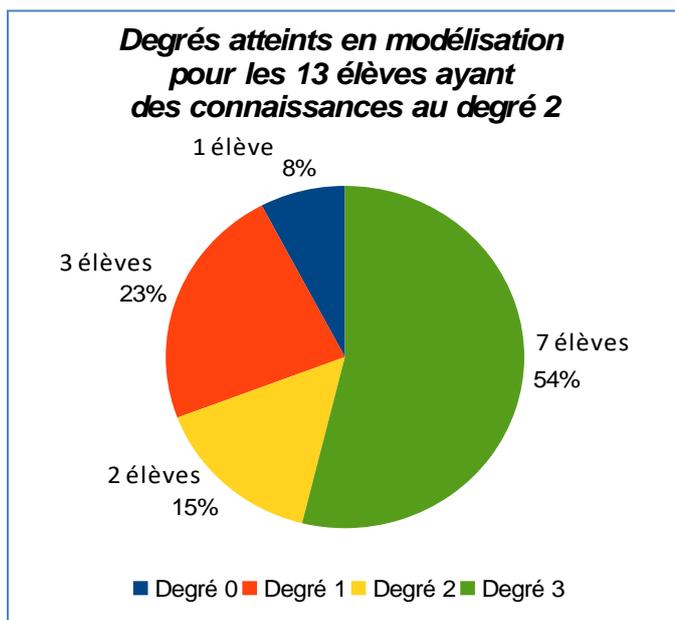
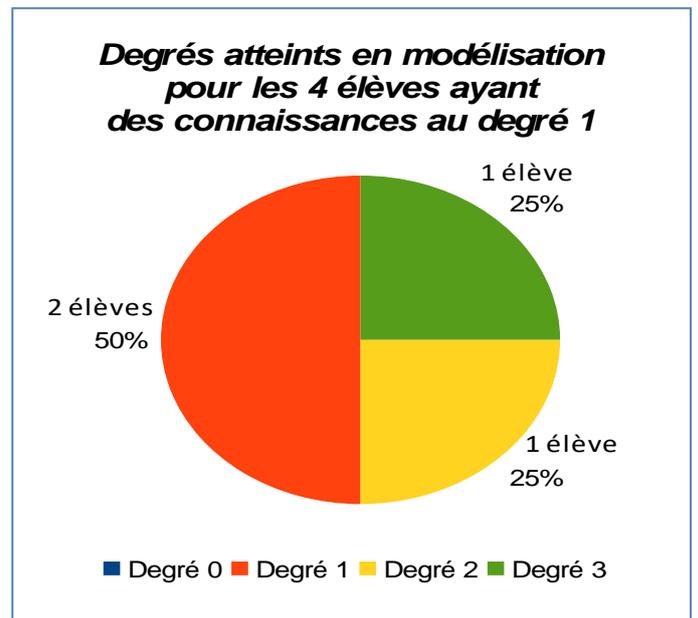
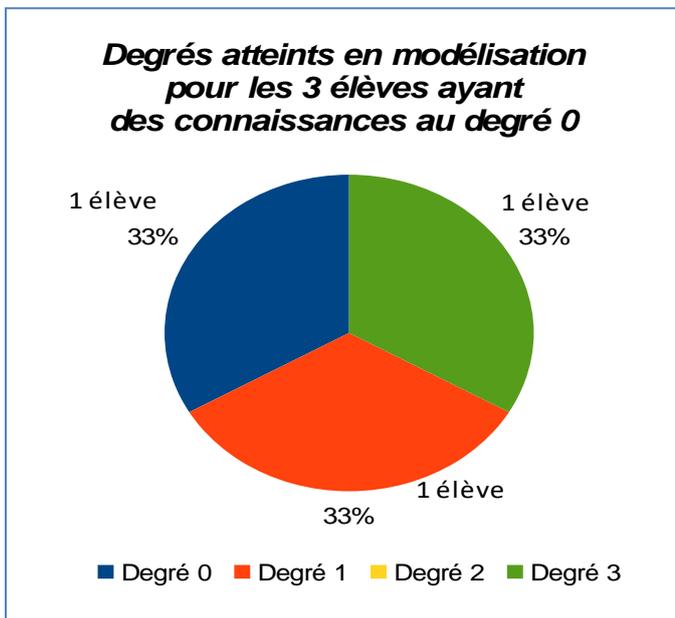
Sur les 7 élèves n'ayant pas les connaissances attendues sur l'œsophage, 5 élèves n'ont pas répondu au second questionnaire et 2 élèves ont compris en partie la modélisation effectuée.

Enfin, pour les 16 élèves ayant une connaissance partielle de l'œsophage, 4 élèves n'ont pas répondu, 4 élèves l'ont comprise en partie et la majorité des élèves (c'est-à-dire 8 élèves) témoignent d'une bonne compréhension du modèle.

Ces répartitions d'élèves semblent montrer qu'un élève possédant des connaissances initiales vis à vis d'un organe (degré 2) a de plus grandes chances de comprendre la modélisation dans son entièreté (degré 3) qu'un élève qui n'a pas donné de réponses (degré 0) ou qui n'a pas de connaissances initiales (degré 1).

6.4.1.2) Résultats pour l'intestin grêle

Ci-dessous les secteurs présentant pour l'intestin grêle les degrés atteints en compréhension de la modélisation des élèves ayant des connaissances au degré 0,1,2 ou 3.



On remarque que sur les trois élèves n'ayant pas répondu au questionnaire 3 (qui concerne les connaissances vis à vis l'intestin grêle), un élève n'a pas répondu à celui concernant la modélisation, un élève semble ne pas avoir compris la modélisation et un élève semble faire preuve d'une bonne compréhension de la modélisation effectuée.

Sur les quatre élèves n'ayant pas les connaissances requises sur l'intestin grêle, la moitié c'est à dire 2 élèves n'ont pas compris la modélisation effectuée, un élève l'a comprise en partie et un élève témoigne d'une bonne compréhension du modèle.

Sur les 13 élèves ayant des connaissances partielles sur l'intestin grêle, plus de la moitié ont bien compris la modélisation, 2 l'ont comprise en partie, 3 ne l'ont pas comprise et 1 élève n'a pas donné de réponse.

Pour finir, sur les 3 élèves ayant toutes les connaissances attendues, 1 élève n'a pas compris la modélisation tandis que 2 élèves ne l'ont comprise qu'en partie.

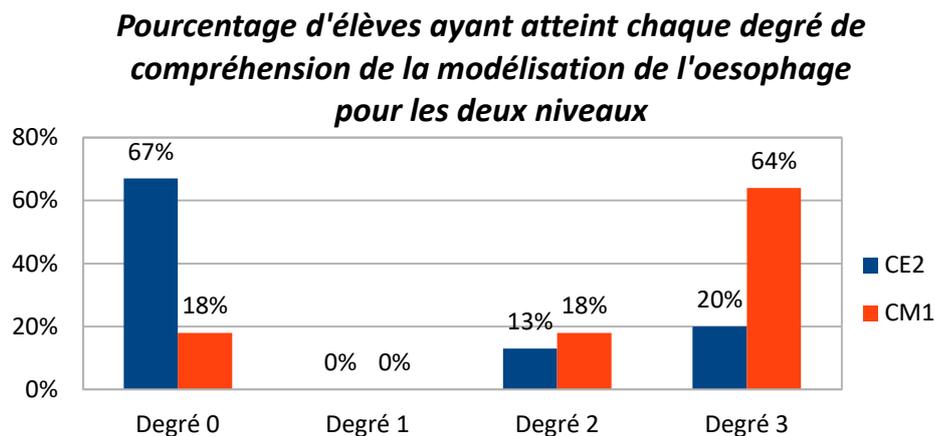
Contrairement au cas de l'œsophage, il semble plus difficile de conclure ici. Il est étonnant de ne pas observer d'augmentations significatives d'élèves ayant compris la modélisation avec l'augmentation des connaissances propres à l'organe en question.

6.4.2) En fonction du niveau scolaire

Il s'agit ici d'observer le lien entre le niveau des élèves (CE2 ou CM1) et le niveau de compréhension du modèle, que ce soit pour l'œsophage ou pour l'intestin grêle.

6.4.2.1) Résultats pour l'œsophage

Les résultats obtenus pour l'œsophage sont représentés ci-dessous. Ils sont exprimés en pourcentage car il n'y a pas le même nombre d'élèves de CE2 (15 élèves) que d'élèves de CM1 (11 élèves).



On observe que les élèves n'ayant pas répondu au questionnaire sont principalement des élèves de CE2.

On remarque aussi qu'il y a à peu près le même pourcentage d'élèves qui ont compris la modélisation en partie en CE2 (13%) qu'en CM1 (18%).

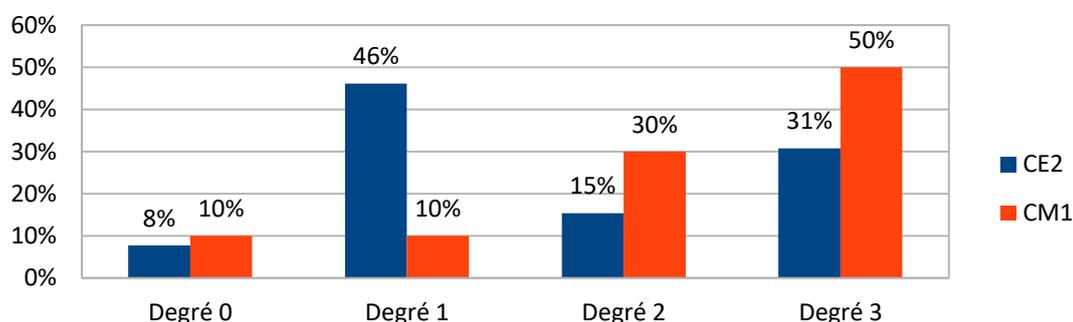
La différence est particulièrement marquée pour ce qui concerne le degré 3. En effet, 64% des élèves de CM1 ont une bonne compréhension du modèle contre seulement 20% en CE2.

Selon ces résultats, l'augmentation du niveau des élèves semble influencer positivement la compréhension de la modélisation effectuée.

6.4.2.2) Résultats pour l'intestin grêle

Les résultats obtenus pour l'intestin grêle sont représentés à la page suivante. Ils sont uniquement exprimés en pourcentage pour la même raison que précédemment.

Pourcentage d'élèves ayant atteint chaque degré de compréhension de la modélisation de l'intestin grêle pour les deux niveaux



On note qu'environ le même pourcentage d'élèves de chaque niveau n'a pas répondu au questionnaire (8% pour les CE2 contre 10% pour les CM1).

Le pourcentage d'élèves n'ayant pas compris la modélisation est nettement plus élevé pour les élèves de CE2 (46%) que pour les élèves de CM1 (10%).

De plus, le pourcentage d'élèves ayant compris en partie la modélisation est deux fois plus élevé en CM1 où il atteint 30%, qu'en CE2 où il atteint 15%.

Enfin, on observe que 50% des élèves de CM1 ont une bonne compréhension du modèle contre seulement 31% des élèves de CE2.

Ainsi, à partir de ces deux graphiques une tendance semble se dégager. Il semblerait qu'en général les élèves de CM1 aient une meilleure compréhension des modèles que les élèves de CE2.

7) Discussion

7.1) Les résultats

Au cours de ce mémoire on a pu remarquer que la mise en place des différentes modélisations a eu un impact positif sur les connaissances des élèves. En effet, alors qu'en début de séquence aucun élève ne soupçonnait que l'action des muscles puisse être à l'origine du déplacement du bol alimentaire, suite à la première modélisation la majorité des élèves de la classe a évoqué le rôle des muscles. Ainsi, le fait d'utiliser ces propres mains afin d'obtenir le déplacement des aliments lors des modélisations permet de mettre en évidence le rôle des muscles dans la digestion.

De plus, cette connaissance a été généralisée pour certains d'entre eux qui s'attendaient à ce que les muscles soient aussi moteurs du déplacement dans le cas de l'intestin grêle. Cela a certainement eu une répercussion positive pour ce qui est de la compréhension du mode de déplacement du bol alimentaire dans cet organe. Toutefois il semble important que le professeur des écoles fasse prendre conscience aux élèves que cette généralisation n'est pas toujours réalisable.

On a aussi pu constater que la mise en place de deux modèles ne semble pas être suffisante pour observer un effet positif du point de vue de la compréhension des élèves face à la modélisation. On peut cependant se demander si les deux modélisations ont été effectuées trop rapidement, 15 jours les séparant l'une de l'autre.

Pour ce qui est des résultats des élèves obtenus en fonction de différents profils, il semblerait qu'en général les élèves de CM1 aient une meilleure compréhension des modèles que les élèves de CE2. On peut supposer que cela est dû à la réalisation de modélisations aux cours de l'année précédente.

Cependant, il est difficile de conclure sur l'impact du niveau de connaissance initiale des élèves concernant les caractéristiques des organes mise en œuvre dans les différentes modélisations sur la compréhension de celle-ci. En effet, même si les résultats de la première modélisation semblent montrer que l'apport de connaissances initiales ait un effet bénéfique sur la compréhension d'un modèle, cette tendance ne se dégage pas pour le second modèle. De manière générale, cela peut s'expliquer par des échantillons de trop petites tailles (en moyenne l'échantillon comprenait 7 élèves pour chaque catégorie). On peut aussi imaginer que malgré les connaissances des élèves, le modèle effectué était trop éloigné des processus imaginés par les enfants (prégnance des conceptions initiales). Enfin, la différence de résultats obtenus entre les deux modélisations peut aussi s'expliquer par un nombre d'éléments plus important à transposer ainsi que la présence de transformations lors du second modèle.

7.2) Méthodologie

Suite à l'analyse des réponses des élèves, il semblerait que les questions posées dans les différents questionnaires aient été trop ouvertes et redondantes.

En effet, dans les questionnaires 1 et 3, les deux premières questions ont engendrées le même type de réponses de la part des élèves.

Il s'agit des questions :

- Comment fonctionne « l'organe » ?
- Comment les aliments se déplacent-ils dans « l'organe » ?

La première question devait entraîner une réponse du point de vue de l'action de l'organe sur les aliments (pas d'action pour l'œsophage et des transformations pour l'intestin grêle), tandis que la deuxième question devait susciter une réponse sur le mode de déplacement du bol alimentaire dans l'organe (rôle des muscles dans les deux cas). Il semblerait que ces deux questions n'ayant pas été assez précises aient engendré l'absence de réponse des élèves à au moins une question ou la répétition de la même réponse pour les deux questions.

C'est pourquoi, afin de supprimer ce problème, ces deux questions pourraient être reformulées de la sorte :

- Quel est le rôle de « l'organe » sur le bol alimentaire ?
- Qu'est ce qui fait que le bol alimentaire se déplace dans « l'organe » ?

De plus, dans les questionnaires 2 et 4 afin de s'assurer d'obtenir comme réponse « une modélisation » et non une description de ce qui a été fait, la première question « Que venons-nous de faire ? » pourrait être remplacée par « Quel est le nom donné au type d'investigation que nous venons de mettre en place ? »

Le questionnaire 2 a permis d'évaluer les connaissances des élèves sur l'œsophage en aval de la modélisation ce qui n'est pas le cas pour le quatrième questionnaire qui ne permet pas de recueillir cette donnée pour l'intestin grêle. Une question devrait être ajoutée afin de recueillir cette information.

Enfin, pour s'assurer lors des questionnaires 2 et 4 que les élèves ne donnent pas les caractéristiques ou l'utilité des différents éléments mais bien leur correspondance dans le réel, il s'agirait de proposer la réponse sous forme de tableau.

Par exemple : Donne la correspondance de chaque élément dans la réalité. Il doit aussi s'agir d'un nom.

MODELISATION :	REEL :
mains	
tubes	
coquillettes	

7.3) Attribution des degrés

Malgré la création de tableaux permettant d'attribuer un degré selon qu'il est question des connaissances de l'élève ou de la modélisation, il a parfois été difficile de se prononcer.

En effet, la formulation de l'élève (ex : L'élève employant un vocabulaire plus adapté et formulant ses réponses sous forme de phrases plutôt que de mots peut être valorisé inconsciemment), la lisibilité de l'écriture (ex : L'élève a pu comprendre la notion voulue mais si sa réponse est illisible celle-ci peut être sous évaluée) ont pu influencer dans les choix effectués et sont autant de paramètres dont la gestion est difficile.

De plus, Afin d'attribuer un degré à partir d'un questionnaire composé de plusieurs questions, il a fallu effectuer une moyenne sur les réponses de l'élève ce qui est un élément d'approximation.

8) Conclusion du premier volet

La première hypothèse de recherche concernait les apports de la modélisation qui doit permettre de rendre compréhensible un phénomène complexe. Dans le cas de la digestion, la modélisation devait engendrer une mise en évidence du rôle des muscles dans le déplacement du bol alimentaire ainsi qu'une meilleure compréhension des transformations subies par celui-ci dans les différents organes du tube digestif. Cette hypothèse est validée dans la mesure où de nombreux élèves ont été capables d'évoquer le rôle des muscles dans les questionnaires.

Cependant les transformations subies par le bol alimentaire dans l'intestin grêle semblent avoir été moins comprises par les élèves qui souvent n'ont pas été capables de nommer les nutriments et excréments.

La seconde hypothèse concernait l'idée que posséder des connaissances vis-à-vis d'un organe devrait avoir un impact positif sur la compréhension du modèle mettant en jeu cet organe. Cette hypothèse n'a pas pu être validée. En effet la répartition des différents résultats sur cette question ne permet pas de conclure.

Enfin, la dernière hypothèse portait sur le niveau des élèves qui devait impacter la compréhension des modèles mis en place. Cette hypothèse est validée dans la mesure où nous avons pu remarquer que les élèves de CM1 atteignaient une meilleure compréhension des différents modèles que les élèves de CE2.

Suite à la modélisation fonctionnelle du tube digestif présentée ci-dessus, le volet suivant expose la mise en place d'une modélisation descriptive. En effet, dans le cadre d'un élevage en classe, 23 élèves de petite section ont du réaliser un modèle descriptif d'escargot.

9) Question de recherche, hypothèses et pistes de travail concernant la mise en place de la modélisation descriptive dans une classe de PS

9.1) Question de recherche

La question de recherche est adaptée à cette nouvelle modélisation mais reste inchangée sur le fond:

Quels sont les apports et les limites de la modélisation dans l'acquisition des connaissances sur les escargots en classe de PS ?

Les autres questionnements associés à cette question de recherche concernent, là encore, à la fois les apports :

- En quoi la modélisation permet-elle aux enfants de se faire une représentation réaliste des escargots ?

Mais aussi les limites de la modélisation :

- Le passage par la modélisation permet-il toujours de rivaliser avec l'imaginaire des enfants ?
- Comment faire pour dépasser cette limite ?

9.2) Hypothèses de recherche et pistes de travail

Les hypothèses de recherche sont les suivantes. La modélisation descriptive dont il est question ici est une représentation simplifiée d'un être vivant dans le but de mettre en évidence sa morphologie. Elle devrait permettre d'exposer les différentes parties de l'escargot : la tête comportant deux paires de tentacules, le pied ainsi que la coquille.

L'observation des escargots et le retour au modèle devrait permettre aux enfants de positionner correctement chaque élément du modèle. De plus, la modélisation des escargots se déroulant en parallèle avec l'observation réelle de ces derniers, elle devrait permettre aux élèves d'obtenir une maquette réaliste.

Dans le cadre de la séquence proposée et suite à l'observation des escargots, deux modélisations sont mises en place. La première modélisation permet d'obtenir une maquette pour chaque enfant. Ces maquettes seront ensuite confrontées et serviront de point de départ pour la seconde étape de modélisation qui aura lieu quelques jours plus tard. Le paragraphe suivant présente la séquence détaillée.

10) Orientation méthodologique et condition de collecte des données de recherche

10.1) Présentation de la séquence



Figure 3 : L'escargotière

Afin de répondre aux questions de recherche, une séquence basée sur un élevage d'escargots (*Figure 3*) a été mise en place dans ma classe de PS composée de 25 élèves.

Cette séquence trouve son origine dans les programmes. Elle concerne en particulier l'observation de la vie animale (ici, les escargots) ainsi que la connaissance des besoins essentiels de ces derniers.

La séquence qui a été proposée est composée de 5 séances (*voir 3. Séquence sur l'élevage d'escargots en Annexes*).

La première séance concerne l'accueil des escargots dans la classe. La seconde traite des modalités d'installation de ces derniers avec la mise en place d'un terrarium. La séance 3 aborde l'alimentation des escargots tandis que la séance 4 est une séance d'observation. Enfin, la cinquième séance clôture la séquence en abordant la morphologie des escargots à partir de modélisations descriptives.

Ainsi, deux modélisations d'escargots identiques ont été mises en place dans cette séquence. Elles ont été toutes les deux effectuées au cours de la séance 5. Les modélisations se déroulent, dans les deux cas, lors d'un atelier dirigé composé de 5 élèves environ.

10.2) Présentation des modèles

Cette partie présente, dans un premier temps, la description des deux modélisations du point de vue de l'utilisation en classe puis, dans un second temps, les enjeux et les limites associées.

10.2.1) Première modélisation

Utilisation en classe

Le professeur des écoles place un escargot devant chaque enfant et leur propose une courte phase d'observation. Suite à cela, la consigne donnée par l'enseignant est de représenter l'escargot placé devant soi avec le matériel mis à disposition. Le matériel disponible est présenté aux enfants. Il est composé de : coquilles vides d'escargots, de pâte à modeler et d'allumettes prédécoupées au niveau des extrémités. Chaque enfant possède également devant lui un protège table sur lequel est disposé un escargot de l'élevage.

Même si le matériel peut être utilisé différemment, voici une proposition de modèle descriptif d'escargot (*Figure 4*) :

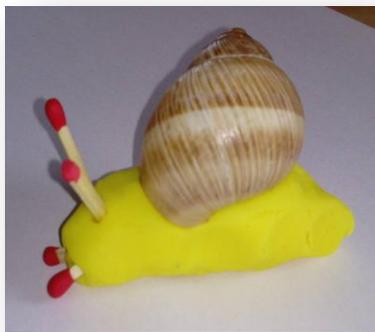


Figure 4: Modèle proposé

- la coquille vide représente la coquille de l'escargot,
- la pâte à modeler roulée en colombin forme le pied et la tête et est placée sous la coquille,
- enfin, deux allumettes peu plantées dans la pâte à modeler forment les tentacules supérieurs tandis que deux allumettes plantées en-dessous et plus profondément forment les tentacules inférieurs.

Contrairement au modèle fonctionnel décrit en première partie où l'enfant agit sous les conseils de l'enseignant, l'enfant est ici libre de choisir le matériel qu'il souhaite pour représenter son escargot.



Figure 5: Réalisation du premier modèle

Lorsque l'enfant estime avoir terminé, l'enseignant le fait verbaliser sur son modèle pour connaître la transposition de chaque élément dans le réel.

A la fin de cette partie chaque enfant a réalisé un modèle de l'escargot placé devant lui (*Figure 5*). Il pose alors son modèle dans une barquette contenant son prénom.

10.2.2) Seconde modélisation

Utilisation en classe

Lors de la seconde modélisation qui a lieu avec les mêmes groupes d'élèves, l'enseignant pose au milieu de la table les cinq modèles réalisés précédemment.

Il fait alors remarquer aux élèves qu'ils ont tous observé des escargots de la même espèce, des escargots « identiques », cependant les cinq modèles réalisés sont différents.

Avec les élèves, il décrit les modèles et pointe du doigt les différences et les points communs. Suite à cela et dans le but de réaliser un modèle le plus proche possible de la réalité, il propose une nouvelle observation. A la fin de cette étape, les élèves ont réalisé leurs seconds modèles.

Enjeux et limites

Dans un premier temps, cette modélisation descriptive devrait permettre aux élèves d'observer activement les escargots. En effet, la modélisation de cet animal demande une attention particulière qui devrait permettre aux enfants de dégager les principaux éléments qui constituent l'escargot.

De plus, on peut s'attendre à ce que les enfants imaginent que les escargots possèdent un nez, comme cela est souvent le cas dans les albums de jeunesse. On peut aussi présumer que certains enfants soient convaincus que les escargots ne possèdent qu'une paire de tentacules, là encore du fait des illustrations destinées aux enfants ou car la paire inférieure, plus petite, est moins visible et demande une observation plus précise. Cependant, grâce à la réalisation des deux modèles proposés les élèves pourront réaliser par la manipulation que les escargots ne possèdent pas de nez. L'observation précise que nécessite la réalisation de ce modèle descriptif devrait aussi permettre aux élèves de réaliser la présence des deux paires de tentacules.

Concernant les limites de la modélisation, un obstacle pour l'élève peut être de comprendre la fonction des éléments mis à sa disposition et la façon de les assembler entre eux.

De surcroît, une corrélation entre le modèle et le réel doit être mise en place pour que l'enseignant comprenne la transposition effectuée par l'enfant pour chaque élément matériel du modèle.

Enfin, les élèves de PS doivent aussi être capables de créer un colombin en pâte à modeler et posséder une motricité fine suffisante pour planter les allumettes dans la pâte à modeler à différentes profondeurs.

10.3) Collecte des données

La collecte des données est donc réalisée lors de la séance 5 au cours des deux modélisations d'escargots qui sont espacées de quelques jours. Deux modèles d'escargots sont ainsi collectés pour chaque enfant.

10.4) Mise en place de critères d'observation

Deux critères sont mis en place pour analyser les données. Il s'agit, premièrement, de remarquer **la présence ou l'absence des différentes parties** de l'escargot :

- la tête comportant quatre tentacules,
- le pied,
- la coquille.

Il s'agit aussi de constater la présence d'une paire de tentacules **plus longue** au dessus et d'une seconde **plus courte** en dessous.

Ces différents critères vont permettre d'analyser les résultats obtenus lors de la première et de la seconde modélisation. En conséquent, il sera donc possible d'observer l'évolution entre les deux étapes de modélisation.

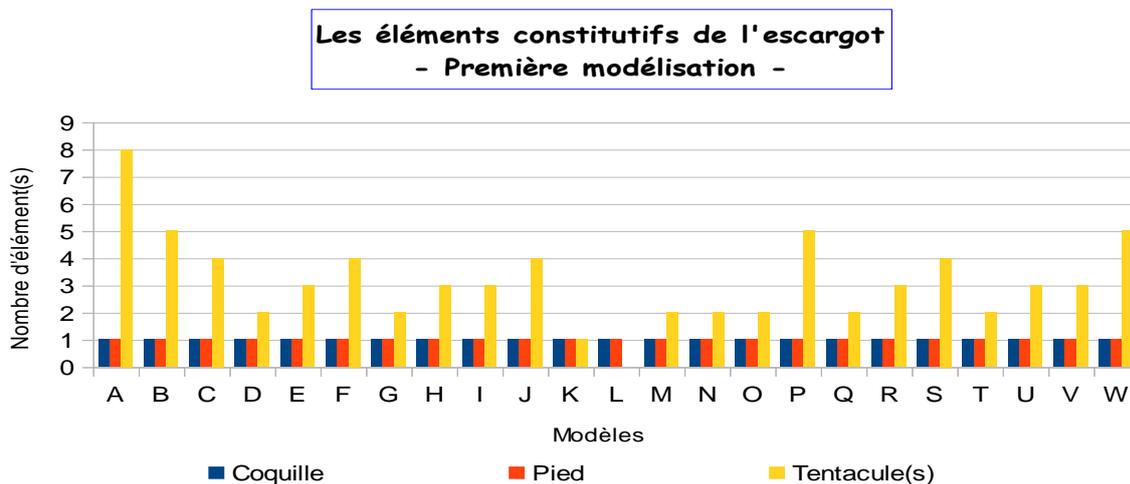
11) Résultats

Au cours des deux modélisations, deux enfants de ma classe de 25 élèves étaient absents. Les données ont donc été recueillies à partir des modèles de 23 élèves.

11.1) Résultats obtenus lors de la première modélisation

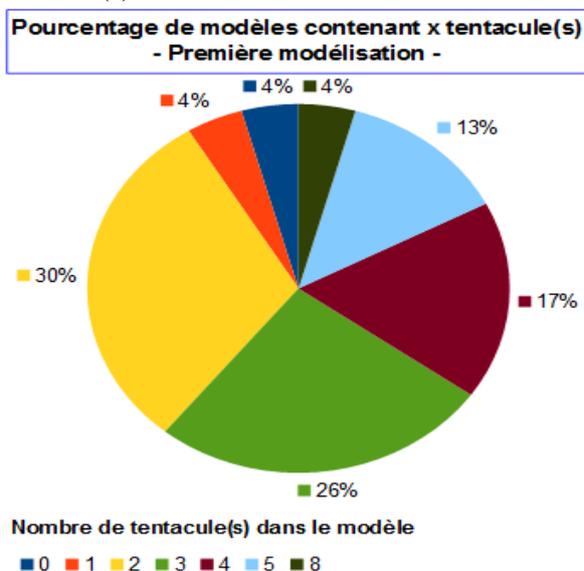
11.1.1) Eléments constitutifs de l'escargot

Le graphique ci-dessous présente le nombre de coquille, de pied et de tentacule(s) en fonction des 23 modèles réalisés dans la classe.



On remarque que tous les enfants ont représenté une coquille et un pied dans leurs modèles. Cependant le nombre de tentacule(s) varie de 0 (modèle L) à 8 (modèle A).

Le camembert ci-dessous présente le pourcentage de modèles obtenu en fonction du nombre de tentacule(s).



On remarque que la majorité des élèves, c'est-à-dire 7 élèves (soit 30% environ) a représenté 2 tentacules tandis que 6 élèves (soit 26% environ) en ont représenté 3.

On peut aussi noter que 4 élèves (soit 17% environ) ont représenté 4 tentacules et 3 élèves (soit 13% environ) en ont représenté 5. Enfin, seulement 1 élève, à chaque fois, a formé 0, 1 et 8 tentacules dans son modèle.

11.1.2) Taille des tentacules

Concernant les tentacules, il s'agit d'observer une différence de taille entre la paire supérieure, plus grande, et la paire inférieure, plus petite. Cependant, il n'est pas toujours possible d'observer un tel écart dans un modèle. En effet, cela est le cas lorsque les allumettes représentant les tentacules sont toutes placées sur une même zone (*Figure 6*) ou encore s'il n'y a qu'une paire de tentacules représentée (*Figure 7*).



Figure 6: Tentacules situés dans la même zone

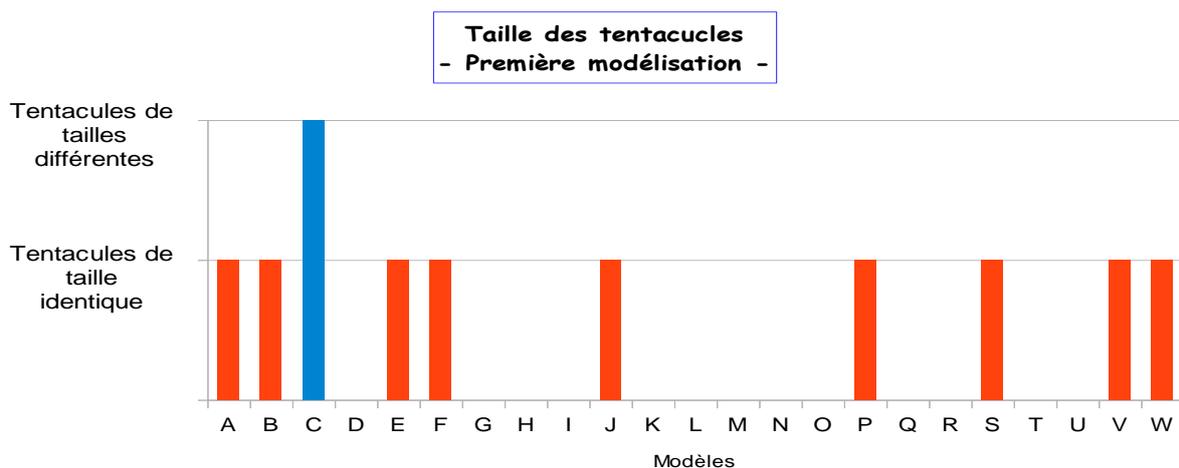


Figure 7: Une paire de tentacule

Ainsi, lorsque le modèle réalisé par l'élève ne permet pas d'observer cet écart, cela est visible par une absence de colonne dans le graphique. Lorsqu'une différence de longueur est observée, elle est représentée par une colonne de couleur bleue (lorsque les tentacules supérieurs sont plus long que les tentacules inférieurs) ou jaune (lorsqu'il y a une inversion et que les tentacules supérieurs sont plus courts que les tentacules inférieurs).

Enfin, lorsque les allumettes représentant les tentacules sont de taille identique, on peut observer une colonne de couleur rouge en face du modèle concerné.

Le graphique ci-dessous présente la taille des tentacules en fonction des modèles des élèves.



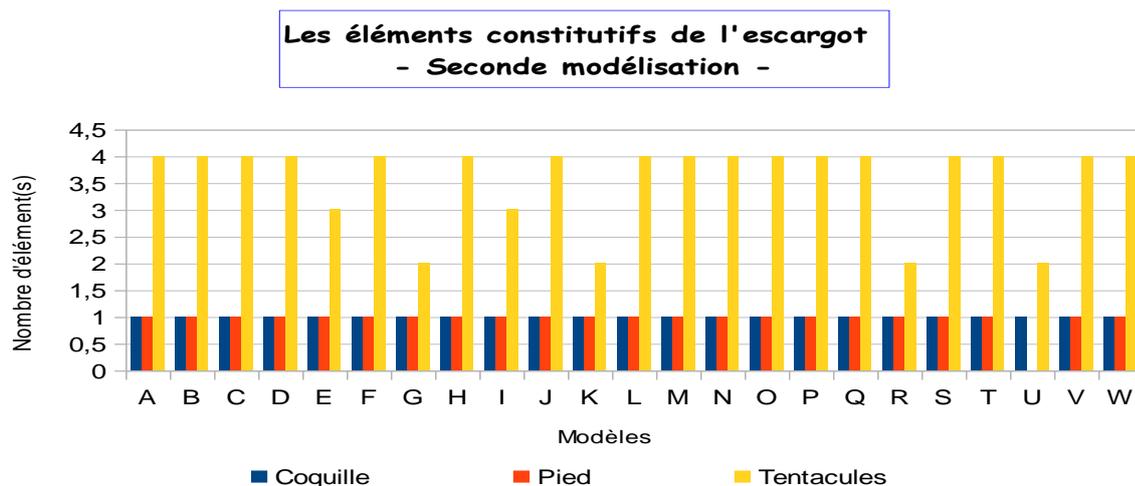
On remarque que pour plus de la moitié des modèles réalisés (13 modèles), il n'est pas possible d'observer d'écart de taille de tentacules.

On note cependant que pour 9 élèves les différentes paires de tentacules sont d'une taille identique. Enfin, il n'y a qu'un élève qui a réalisé un modèle (modèle C) dont les tentacules supérieurs sont plus grands que les tentacules inférieurs.

11.2) Résultats obtenus au cours de la seconde modélisation

11.2.1) Eléments constitutifs de l'escargot

Le graphique ci-dessous présente le nombre de coquille, de pied et de tentacule(s) représentés par les 23 élèves dans leurs seconds modèles.

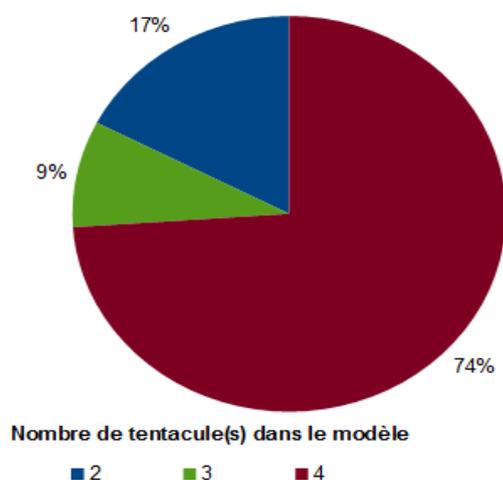


On remarque que lors de cette modélisation tous les enfants ont représenté une coquille dans leurs modèles. Cependant, un élève n'a pas représenté le pied de l'escargot (modèle U).

Le nombre de tentacules, quant à lui, varie de 2 à 4.

Le camembert ci-dessous présente le pourcentage de modèles obtenus selon le nombre de tentacule(s).

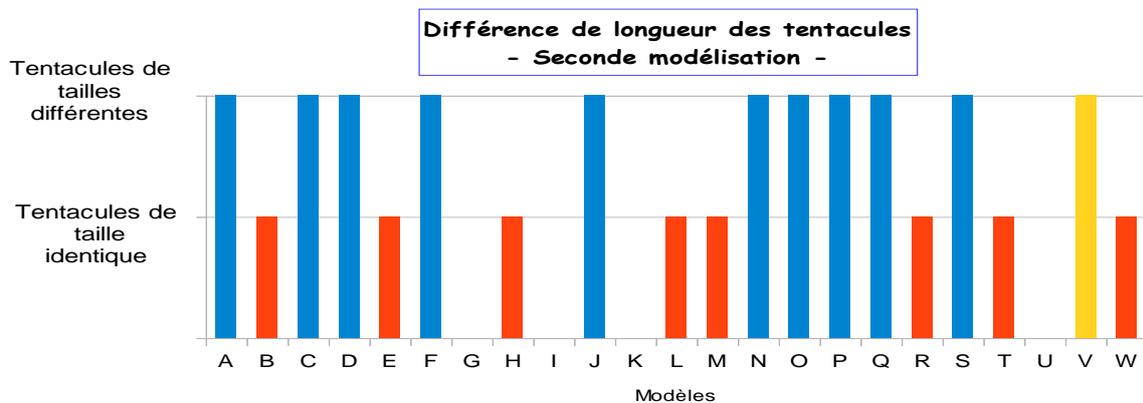
**Pourcentage de modèles contenant x tentacule(s)
- Seconde modélisation -**



On constate qu'une très grande majorité des élèves (17 soit 74% environ) a formé 4 tentacules dans le second modèle. Cependant, il reste encore 4 enfants (soit 17% environ) qui n'ont représenté que 2 tentacules et 2 enfants (soit 9% environ) qui n'en n'ont représenté que 3.

11.2.2) Taille des tentacules

Le graphique ci-dessous présente la taille des tentacules en fonction des modèles des élèves au cours de la seconde modélisation.



On observe que sur les 23 modèles réalisés, il apparaît une différence de taille entre les tentacules du haut et du bas dans 11 modèles. Cependant, une inversion est à noter pour le modèle V.

On remarque aussi que 8 modèles possèdent toujours des tentacules de taille identique.

Enfin, il n'est pas possible de constater un écart de taille pour 4 modèles.

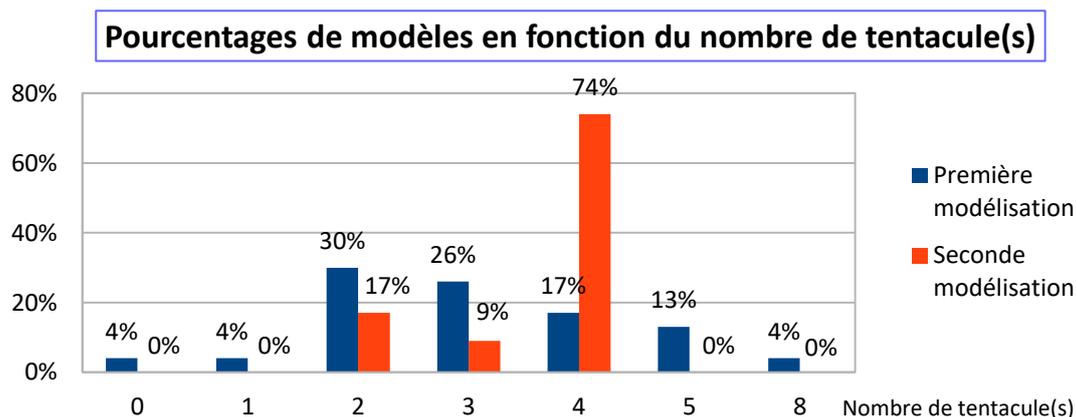
11.3) Evolution constatée entre les deux modélisations

Dans cette partie il s'agit de comparer les résultats obtenus lors de la première et de la seconde modélisation.

11.3.1) Les éléments constitutifs de l'escargot

On a pu remarquer qu'au cours des deux modélisations réalisées tous les modèles sont composés d'une coquille. C'est aussi le cas concernant le pied sauf pour un modèle (effectué lors de la seconde phase).

Pour ce qui est des tentacules, le graphique suivant présente le pourcentage de modèles en fonction du nombre de tentacule(s) réalisé(s) pour la première modélisation puis pour la seconde.



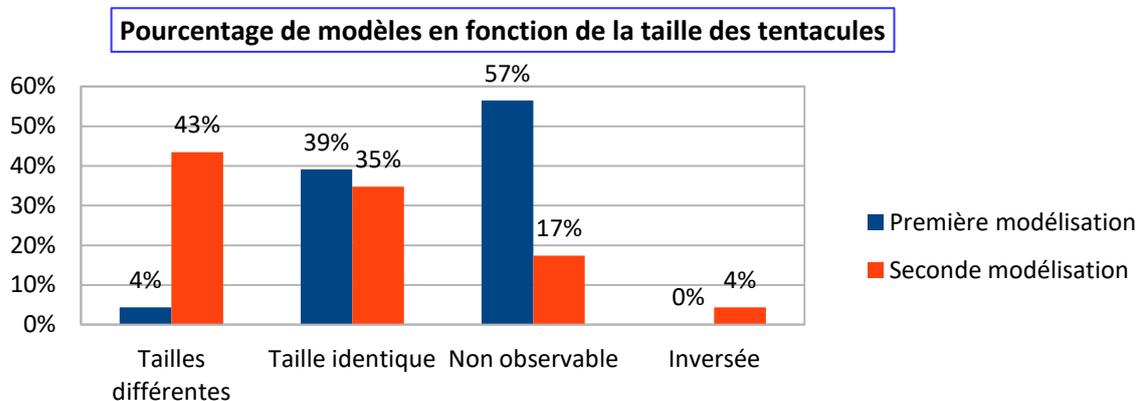
On remarque que lors de la première modélisation le nombre de tentacule(s) réalisés dans les modèles varie de 0 à 8 tandis que lors de la seconde modélisation les modèles comportent entre 2 et 4 tentacules. Ainsi le passage de la première à la seconde modélisation a permis de diminuer cet intervalle.

De plus, lors de la première modélisation, la majorité des modèles comportent 2 tentacules (30%) alors qu'ils ne sont plus que 17% lors de la seconde modélisation.

On peut aussi noter qu'il y avait seulement 17% de modèles comportant 4 tentacules lors de la première étape. Or ce pourcentage passe à 74 pour la seconde modélisation.

11.3.2) La taille des tentacules

Le graphique suivant présente le pourcentage de modèles en fonction de la taille des tentacules lors de la première et de la seconde modélisation.



On remarque que lors de la première modélisation seulement 4% des modèles possédaient des tentacules de tailles différentes alors que ce pourcentage passe à 43 lors du second modèle.

Il y a environ le même pourcentage de modèles possédant des tentacules de même taille entre la première (39%) et la seconde modélisation (35%).

On peut aussi noter une grande diminution du pourcentage de modèles pour lesquels il n'est pas possible d'observer un écart de taille. Enfin, il n'y a qu'au cours de la seconde modélisation qu'un modèle présente des longueurs inversé de tentacules.

12) Discussion

12.1) Les résultats

Première modélisation

On a pu remarquer que la quasi-totalité des élèves reproduisaient correctement la coquille et le pied de l'escargot dans leurs modèles et ce dès la première modélisation. Cependant, l'élément qui pose réellement question concerne les tentacules. En effet, lors de la première modélisation les modèles réalisés par les enfants comportent entre 0 et 8 tentacules au lieu des 4 existants.

La confrontation de l'enseignant avec les élèves en fin de modélisation permet d'apporter des réponses :

- L'élève qui n'a pas créé de tentacules dans son premier modèle ne les a tout simplement pas observés malgré plusieurs relances. La seconde modélisation lui a permis une observation plus précise et a été bénéfique pour cet enfant.
- Pour le premier modèle ne comportant qu'un tentacule, l'élève a, en réalité, souhaité reproduire un nez. Là encore, cette représentation fait état d'un manque d'observation mais aussi de l'imagination débordante de cet enfant. Il sera nécessaire pour cet élève et pour tous ceux ayant ajouté des éléments n'existant pas sur leurs modèles que l'enseignant insiste sur ce fait en début de seconde modélisation afin de confronter leurs modèles à la réalité (le professeur pourra, par exemple, demander à l'élève de montrer le nez de l'escargot réel à partir d'un objet fin, ce que l'enfant ne pourra réaliser).
- La plupart des élèves n'ayant représenté que 2 tentacules n'ont observé que la paire supérieure. En effet, la paire inférieure, plus petite, leur a échappée lors de cette première modélisation.
- Concernant les modèles réalisés avec 3 tentacules, la majorité des élèves ont en fait représenté la paire supérieure de tentacules et un nez. Un élève a, quant à lui, placé les 3 allumettes sous le pied de l'escargot comme pour représenter des pattes. L'élève, faible parleur, n'a cependant pas répondu aux questions de l'enseignant ce qui ne permet pas de comprendre la transposition qu'il a effectué pour ces éléments.
- Enfin, au-delà de 4 tentacules c'est souvent l'attrait du matériel et le plaisir de planter les allumettes dans la pâte à modeler qui a emporté sur l'observation.
- J'ai pu remarquer que deux élèves ont fait « comme leurs voisins ». Pour éviter ce problème, il aurait fallu placer des classeurs entre les tables des élèves.

Pour ce qui est de la taille des tentacules, on remarque qu'un seul élève a réalisé deux paires de tentacules de tailles différentes. Pour les autres modèles, soit cela n'est pas observable soit les tentacules sont tous d'une taille identique. Ainsi, une observation plus fine semble nécessaire pour ces élèves.

De plus, en ayant observé les élèves manipuler le matériel, il m'a semblé difficile pour certains d'entre eux de réussir à positionner précisément les allumettes du fait d'un manque de motricité fine.

Afin d'améliorer ces résultats dans le cas où une seule modélisation serait effectuée, l'utilisation d'une loupe et/ou un guidage plus important de l'enseignant pourraient être mis en place.

Seconde modélisation

Comme lors de la première modélisation, tous les élèves ont réalisés une coquille dans leurs modèles. Cependant, on a pu remarquer qu'un élève n'a pas représenté le pied de l'escargot alors qu'il l'avait effectué dans son premier modèle (*Figure 8*). Cet élève a placé les tentacules directement sur la coquille.



L'enseignant ayant mis l'accent sur les tentacules et leurs nombres réalisés dans les premiers modèles en début de séance, cet élève semble avoir porté son attention sur ces dernières au détriment du pied.

Figure 8 : Modèle sans pied

Concernant le nombre de tentacules, il ne varie plus que de 2 à 4 et 74% des enfants représentent les 4 tentacules de l'escargot lors de cette seconde modélisation contre 17% lors de la première. Ainsi la réalisation d'un second modèle est bénéfique pour de nombreux élèves. En effet, cette seconde observation de l'escargot en présence du premier modèle semble permettre aux élèves d'être plus précis.

Cependant, il reste encore des enfants qui ne représentent que deux et trois tentacules (en réalité une paire de tentacules et un nez) sur leurs modèles d'escargots. Afin de dépasser cette difficulté il semble nécessaire pour ces élèves d'utiliser une autre modalité. On pourrait, par exemple, confronter une illustration d'escargot d'un ouvrage de jeunesse lu en classe avec un schéma scientifique.

Pour ce qui est de la taille des tentacules, 10 élèves représentent correctement les longueurs des deux paires au cours de cette seconde modélisation. Ainsi cette seconde modélisation n'a pas permis à la majorité des élèves de prendre en compte correctement la taille des tentacules des escargots même si on peut noter une amélioration par rapport à la première modélisation. Cela peut-être du à un manque de guidage de l'enseignant et il semble nécessaire, ici encore, de passer par une autre modalité d'investigation.

On a aussi pu noter qu'il y a environ le même pourcentage de modèles possédant des tentacules de même taille entre la première (39%) et la seconde modélisation (35%). Cependant seulement 3 modèles n'ont pas évolué et comportaient des tentacules de même taille lors des deux modélisations.

12.2) La méthodologie

En amont et pendant la séance

Dans un premier temps, il semblerait que l'attrait du matériel n'ait pas été suffisamment pris en compte au cours de la séquence. Il aurait été nécessaire de proposer une séance en amont de la modélisation pour permettre aux élèves de découvrir et d'explorer le matériel librement soit lors d'un atelier en autonomie soit lors du temps d'accueil du matin.

De plus, en amont et au cours de la séance, l'enseignant a lu « Raymond rêve » ainsi que « Qui a mangé ? » d'Anne Crausaz. Sur les illustrations de ces albums de jeunesse, les escargots ne possèdent qu'une paire de tentacules supérieurs. On peut se demander si le contact avec de telles œuvres n'influence pas la représentation que les élèves se font des escargots.

Il semble alors utile de confronter les élèves à d'autres types de représentation plus réalistes tels que les schémas scientifiques par exemple. Une comparaison de ces deux différents types de représentation aurait pu être bénéfique pour les élèves.

Les principales différences observables entre les modèles des enfants et la réalité sont liées aux tentacules. Ainsi, lors de la séance 4 d'observation des escargots qui a lieu en amont des deux étapes de modélisation, l'enseignant devrait proposer aux élèves un examen spécifique des tentacules.

Enfin, malgré le fait que le terme de « corne » n'est pas été employé en classe, de nombreux élèves emploient ce mot lors de la description de leurs modèles (à la place de « tentacule »). Une vigilance devra être apportée vis-à-vis du vocabulaire employé.

Le matériel

Le matériel a été utilisé comme cela était attendu sauf pour un élève qui a réalisé les tentacules avec de la pâte à modeler. Cette option n'a pas posé de problème pour cet enfant qui maîtrisait la réalisation de colombins.

De manière générale la réalisation de colombin n'a pas posé de problèmes pour les enfants de la classe qui en avait déjà réalisé en atelier dirigé lors de la période précédente.

Concernant la représentation des tentacules, il a été choisi de laisser à l'enfant l'action d'enfoncer plus ou moins profondément les allumettes pour former de petits ou longs tentacules. Cependant si des tentacules de deux tailles différentes avaient été déjà préfabriqués et proposés aux élèves, les problèmes de motricité fine auraient pu être évités.

13) Conclusion du second volet

La première hypothèse de recherche concernait les apports de la modélisation qui devait permettre de mettre en évidence les principales caractéristiques morphologiques de l'escargot. Cette hypothèse est validée dans la mesure où la quasi-totalité des élèves ont modélisé la coquille, le pied et des tentacules sur leurs escargots.

La seconde hypothèse évoquait le fait que la réalisation de modèles devait être à l'origine d'un positionnement correct des éléments constitutifs de l'escargot sur le modèle ainsi que de la représentation réaliste de ce dernier. Sur ce point, on a pu observer que les élèves positionnaient correctement chaque élément mais, et ce même après la seconde modélisation, les tentacules ne correspondaient encore trop souvent en termes de taille et de nombre à la réalité. De plus, nombreux sont les enfants rajoutant un nez sur leurs modèles. Ce résultat semble être la conséquence de l'imaginaire débordant des enfants et/ou d'une observation mal menée.

Il s'agit alors de s'interroger sur les différentes possibilités accessibles à l'enseignant pour améliorer les résultats sur ce second point. On peut ainsi se demander à quelles conditions la modélisation peut permettre aux élèves d'atteindre une représentation la plus réaliste possible de l'escargot ?

14) Conclusion générale

La mise en place de ces différentes situations de modélisation me permet de conclure sur le fait que cette démarche d'investigation, lorsqu'elle est adaptée aux élèves, est un outil efficient quant à la construction des connaissances en sciences et ce à tous les niveaux de l'école primaire.

En effet, au regard des différents résultats présentés et analysés dans ce mémoire et conscient des apports et des limites la caractérisant, la modélisation apparaît comme un outil pertinent pour acquérir des connaissances en sciences.

L'étude du corps humain, ne permettant pas de travailler directement sur le réel, la modélisation, quant à elle, a tout de même permis aux élèves de CE2/CM1 d'explorer différents phénomènes propres au tube digestif grâce à diverses manipulations.

De plus, les séances mises en place avec mes élèves de PS m'ont permises de réaliser qu'il était aussi possible, avec des enfants de 3 ans, de mener de telles activités de modélisation.

La réflexion qui a été menée concernant les apports et les limites des modélisations proposées a permis de mettre en évidence diverses modifications qu'il faudrait apporter s'il fallait de nouveau mener ces séances.

Concernant le tube digestif, même si les modélisations ont permis aux élèves de réaliser le rôle des muscles le professeur des écoles devra être vigilant et faire prendre conscience aux élèves que la généralisation n'est pas toujours possible avec tous les organes.

De plus, on a pu relever que de nombreux élèves avaient confondu les termes « expérience » et « modélisation » dans leurs copies. Afin de limiter cela et pour s'assurer que les élèves ont réellement compris ce qu'ils ont fait, expliciter la différence entre ces deux démarches semble nécessaire.

Pour ce qui est des résultats des élèves obtenus en fonction de différents profils, il semblerait que les élèves de CM1 aient une meilleure compréhension des modèles que les élèves de CE2. Il paraît donc nécessaire d'adapter les modèles au niveau des élèves. De plus, afin de s'assurer d'une meilleure compréhension par les élèves de CE2, la réalisation de modèles lors des classes antérieures pourrait être un facteur facilitant.

Concernant les escargots, on a pu observer que pour de nombreux élèves les tentacules correspondaient peu souvent en termes de taille et de nombre à la réalité. Il semble nécessaire de surpasser l'imaginaire des enfants en les confrontant à des documents scientifiques qui doivent être comparés aux albums de jeunesse lus en classe.

L'observation doit aussi être menée plus profondément en amont des séances de modélisation. Aussi, il ne faut pas hésiter à utiliser des objets pointeurs, des loupes ou encore des escargots de plus grande taille afin de faciliter celle-ci.

15) Bibliographie

Berthou, G. (1999). *Quand et comment a été pensé l'enseignement des sciences expérimentales ?* Grand N.

Calmette, B., Matheron, Y. (2014). *Les démarches d'investigation*. REE-n°21.

Coquide, M. (2006). *Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts*. Aster.

Coquide, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant dans la formation des enseignants*.

Drouard, F. (2008). *Démarche d'investigation en sciences*.

Guichard, J. (2006). *Simuler un phénomène biologique, cas de la flexion-extension du bras*. Aster.

Pierrard, M. (1993). *Modéliser les activités scientifiques à l'école élémentaire*. Aster.

Webographie

Chevigny, P. (2009). *Les cahiers pédagogiques N° 469 : Dossier Faire des sciences physiques et chimiques - Faire des sciences : quels enjeux ?* [consulté le 10 mai 2017].

Disponible sur le Web :

<<http://www.cahiers-pedagogiques.com/Faire-des-sciences-quels-enjeux%E2%80%89>>

MEN, *Programme de l'école maternelle*, (2015). [consulté le 10 mai 2017]. Disponible sur le Web :

<<http://www.education.gouv.fr/cid87300/rentree-2015-le-nouveau-programme-de-l-ecole-maternelle.html>>

MEN, *Programme pour les cycles 2,3,4* (2015). [consulté le 10 mai 2017]. Disponible sur le Web :

<http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=33400>

Rojat, D. (2013). *La démarche d'investigation*. [consulté le 10 mai 2017]. Disponible sur le Web :

<<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/17793/la-demarche-dinvestigation>>

16) Annexes

1. Séquence sur la digestion

Discipline : Sciences expérimentales	Thème : Fonctionnement du corps humain et de la santé		
CM1	Séquence : LA DIGSTION		
SEANCE	OBJECTIFS	DECOUPAGE	MATERIEL
1 Recueil des conceptions initiales	Relever les conceptions initiales des élèves sur le système digestif pour aboutir à un questionnaire	Première partie : Emergence des représentations individuelles des élèves Deuxième partie : Confrontation collective des représentations et formulation de questions scientifiques	Fiches <i>silhouette du corps humain</i> Une affiche vierge
2 Les différents organes de la digestion	Reconstituer le trajet des aliments dans le corps et Nommer les organes du tube digestif	Première partie : Recherche documentaire sur l'ordre des organes et leurs noms Deuxième partie : Elaboration d'une affiche avec schématisation des organes Troisième partie : Trace écrite	Radiographies, textes descriptifs, schémas conceptualisés, vidéo Une affiche silhouette grand format Une affiche vierge
3 Transformation des aliments dans le tube digestif		Première partie : Recherche documentaire sur les transformations subies par le bol alimentaire dans les cas du lapin	Schémas, photos, texte explicatif, fiche

<p>3 Transformation des aliments dans le tube digestif</p>	<p>Comprendre les différentes transformations subies par les aliments le long du tube digestif</p>	<p>Deuxième partie : Action de la bouche et de l'œsophage <u>Etape 1 :</u> Expérience du pain à mâcher <u>Etape 2 :</u> Modélisation de l'œsophage</p> <p>Troisième partie : Action de l'estomac et de l'intestin grêle <u>Etape 1 :</u> Recherche documentaire sur l'estomac <u>Etape 2 :</u> Modélisation de l'intestin grêle</p>	<p>Morceaux de pain, chronomètre</p> <p>tube rigide, tube non rigide, aliment, gâteau</p> <p>Expériences de Spallanzani</p> <p>Bassine, collant, bouillie de gâteau, assiette</p>
<p>4 Evaluation</p>	<p>Connaitre le nom des organes digestifs et leurs actions sur le bol alimentaire</p>		

2. Détail de la séance 3 : Transformation des aliments dans le tube digestif

Deuxième partie - Etape 2 : Action de l'œsophage

Après avoir étudié l'action de la bouche, étudions l'action de l'organe suivant du tube digestif : l'œsophage.

Temps : 40 min

Matériel :

- Tube rigide
- Tube non rigide (éviter le collant pour qu'il n'y ait pas confusion avec l'intestin grêle)
- Un aliment passant dans le diamètre des deux tubes
- Un gâteau
- Une affiche (Trace-écrite)

Avant de commencer la séance, le PE procède à un court questionnaire écrit et individuel sur une feuille blanche:

- « A ton avis, comment fonctionne l'œsophage ?
- Comment les aliments se déplacent-ils de la bouche à l'estomac c'est-à-dire dans l'œsophage ? »

Hypothèse concernant les conceptions des élèves: On s'attend à ce que les élèves pensent que les aliments tombent par gravité dans l'œsophage. Ces derniers n'imaginent pas que ce sont des muscles qui sont auteurs du mouvement.

Ensuite, le PE questionne les élèves réunis en groupe classe : « Par quel objet pouvons-nous représenter l'œsophage ? »

Réponse attendue : un tube rigide

Ou

Faire le choix d'expliquer que nous allons représenter l'œsophage par un tube rigide ce qui paraît cohérent d'après ce qui a été schématisé par les élèves (séance 2 - deuxième partie).

Ou

Si les élèves répondent par un tube, le PE peut expliquer qu'il possède deux types de tubes, des souples et des rigides et que l'on va essayer avec les deux.

Le PE demande alors aux élèves, réunis cette fois en groupe, de vérifier grâce à un modèle. Pour cela les élèves doivent faire passer un aliment (représentant le bol alimentaire) dans un tube rigide et vérifier si celui-ci descend (le tube est placé verticalement représentant la position debout).

Résultat : positif

Le PE demande de réaliser la même situation mais cette fois-ci en tenant le tube horizontalement ce qui correspond à la position allongée.

Résultat : négatif, l'aliment ne bouge pas.

Le PE questionne à nouveau les élèves : « *Est-il possible de manger en position allongée ?* »

Pour connaître la réponse à cette question un élève vient manger un gâteau en position allongée devant la classe.

Réponse : Oui, il est possible de manger en position allongée.

Le PE questionne les élèves : « *Comment pensez-vous que la nourriture se rend de votre bouche à votre estomac en position allongée ?* »

Réponse attendue : Il faut que le tube soit souple

Cette fois, les élèves doivent faire avancer l'aliment dans un tube souple.

Pour cela, ils vont devoir contracter leurs mains le long du tube positionné horizontalement.

Lors de la mise en commun, le PE questionne les élèves :

« *Avant de parler de l'action de l'œsophage, qu'est ce qui permet aux aliments lorsqu'ils sont dans la bouche de passer dans l'œsophage ?* »

Réponse attendue : la déglutition (Si les élèves ne trouvent pas, possibilité de leur faire avaler un morceau de pain par exemple).

Le PE continue de questionner les élèves sur le modèle qu'ils viennent de réaliser à l'écrit et de façon individuelle :

« Qu'avons-nous fait ? Pour montrer quoi ? Essayons de faire quelques phrases pour l'expliquer. »

« Lors de la modélisation, que représentaient vos mains ? Le tube ? L'aliment ? »

Puis le PE crée avec les élèves la trace écrite de l'action de l'œsophage sur la même affiche que celle utilisée lors de la première étape (pour l'action de la bouche).

Trace écrite : La déglutition permet le passage des aliments de la bouche vers l'œsophage. Pour reproduire l'action de l'œsophage, nous avons utilisé nos mains le long d'un tube souple pour faire avancer la nourriture. Nos mains représentaient les muscles de l'œsophage. Ainsi ce sont les contractions des muscles au niveau de la paroi de l'œsophage qui permettent le déplacement de la nourriture dans cet organe.

Troisième Partie - Etape 2 : Action de l'intestin grêle

Temps : 30 min

Matériel pour un groupe :

- Une bassine
- Un collant
- De la bouillie de gâteau
- Une assiette en plastique
- Les deux feuilles pour la recherche documentaire
- Les deux feuilles de recueil de données

Objectifs :

- Comprendre le phénomène d'absorption
- Comprendre que le passage du bol alimentaire dans l'intestin se fait grâce à l'action de muscles
- Faire le lien entre les nutriments non absorbés et la déjection

Avant de commencer la séance, le PE procède à un court questionnaire écrit et individuel:

« A ton avis, comment fonctionne l'intestin grêle ? Quels sont ces actions sur le bol alimentaire ? Comment se déplacent les aliments dans l'intestin grêle ? ».

1) Modélisation de l'intestin grêle

Avant de commencer l'expérience les élèves reproduisent succinctement les étapes de la digestion qui précèdent le passage dans l'intestin grêle (broyage et brassage du gâteau) pour obtenir une bouillie.

Les différentes étapes de cette modélisation sont décrites ci-dessous :



La bouillie obtenue est introduite par les élèves dans un collant en nylon troué aux deux extrémités.



Les élèves font passer la bouillie dans le collant au dessus d'une bassine. Pour cela, ils contractent leurs mains sur toute la longueur du collant.



Lors du déplacement, une partie de la bouillie a traversé le collant en passant par les mailles de ce dernier (seuls les nutriments assez petits sont absorbés). Les élèves récupèrent ce qu'il reste de la bouillie à l'extrémité finale du collant (tout ce qui n'est pas absorbé est rejeté par le corps). Le PE explique ces phénomènes.

Lors de la modélisation, le PE fait aussi le lien entre chaque élément du modèle et sa transposition dans la réalité.

A la fin de la modélisation l'enseignant distribue un questionnaire aux élèves, auquel ils doivent répondre individuellement :

- *« Que venons-nous de faire ?*
- *Pour montrer quoi ?*
- *Lors de la modélisation, que représentaient vos mains ? Le collant ? La partie de gâteau passée à travers les mailles du collant ? et celle obtenue dans l'assiette ? »*

Le PE peut procéder à une mise en commun en groupe pour répondre ensemble à ces questions et être sûr que tout le monde a compris ce qui a été fait.

1) Trace écrite

Trace écrite : Pour reproduire l'action de l'intestin grêle, nous avons utilisé nos mains le long du collant pour faire avancer la nourriture. Nos mains représentaient les muscles de l'intestin grêle. Ainsi ce sont les contractions des muscles qui permettent le déplacement de la nourriture au niveau de l'intestin grêle.

Au bout du collant, se trouvait la partie du bol alimentaire qui va être rejeté par le corps. Cependant, les morceaux les plus petits ont traversé les mailles du collant. Il s'agit du passage des nutriments dans le sang.

En fin de séance 3, les élèves peuvent visionner la vidéo : Parcours d'une bouchée de brocolis qui retracent les différents organes présents dans le tube digestif ainsi que leurs actions. Possibilité de confronter la trace écrite totale de la classe avec les informations de la vidéo.

- **Matériel :** Vidéo Parcours d'une bouchée de brocolis

Adresse :

http://www.dailymotion.com/video/xg77bp_parcours-d-une-bouchee-de-brocolis-dans-notre-tube-digestif_tech

3. Séquence sur l'élevage d'escargots

Domaine 5 Explorer le monde	Découvrir le monde vivant		
PS	Séquence : ELEVAGE D'ESCARGOTS		
SEANCE	OBJECTIFS	DECOUPAGE	MATERIEL
1 <i>Élément déclencheur</i>	Accueil des escargots dans la classe	Première partie : Découverte du sac au contenu mystérieux au coin regroupement. Deuxième partie : Réflexion sur l'installation des escargots	<i>Un escargot</i> <i>Un pot de confiture</i> <i>Un sac</i> <i>Fiche escargotière</i>
2 <i>Mise en place de l'escargotière</i>	Installation des escargots	Première partie : Mise en place de l'escargotière Deuxième partie : Moment de langage	<i>Fiche escargotière</i> <i>Un terrarium avec des graviers, de la terre, des feuilles mortes, des bâtons</i> <i>Vaporisateur d'eau</i> <i>5 escargots</i>
3 <i>Alimentation</i>	Découverte de l'alimentation des escargots	Première partie : Emission d'hypothèses Deuxième partie : Vérification des hypothèses à partir de la lecture de l'album Troisième partie : Nourrissage des escargots	<i>Album « Qui a mangé ? » d'Anne Crausaz</i>
4 <i>Observation</i>	Observation des escargots	Première partie : Observation des escargots Deuxième partie : Moment de langage	<i>Escargotière</i> <i>5 escargots</i>

<p style="text-align: center;">5 Morphologie</p>	<p style="text-align: center;">Modélisation des escargots</p>	<p style="text-align: center;">Première partie : Première modélisation de l'escargot</p> <p style="text-align: center;">Deuxième partie : Seconde modélisation de l'escargot à partir des modèles précédents</p> <p style="text-align: center;">Troisième partie : Réalisation d'affichages pour la classe</p>	<p style="text-align: center;"><i>5 escargots</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Pâte à modeler</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Coquilles</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Allumettes</i></p>
--	---	--	---