

---

## Problématiser et modéliser pour appréhender le chocolat comme objet d'investigation complexe à l'école maternelle

*Problematising and modelling to understand chocolate as an object of investigation in kindergarten*

Bertrand Gremaud, Justine Letouzey-Pasquier, Patrick Roy et Alexandre Mauron

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/questionsvives/6748>

DOI : 10.4000/questionsvives.6748

ISSN : 1775-433X

### Éditeur

Université Aix-Marseille (AMU)

### Édition imprimée

Date de publication : 15 décembre 2022

ISBN : 978-2-912643-61-2

ISSN : 1635-4079

### Référence électronique

Bertrand Gremaud, Justine Letouzey-Pasquier, Patrick Roy et Alexandre Mauron, « Problématiser et modéliser pour appréhender le chocolat comme objet d'investigation complexe à l'école maternelle », *Questions Vives* [En ligne], N° 37 | 2022, mis en ligne le 27 décembre 2022, consulté le 16 janvier 2023.

URL : <http://journals.openedition.org/questionsvives/6748> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6748>

---

Ce document a été généré automatiquement le 16 janvier 2023.



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International  
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

---

# Problématiser et modéliser pour appréhender le chocolat comme objet d'investigation complexe à l'école maternelle

*Problematising and modelling to understand chocolate as an object of investigation in kindergarten*

Bertrand Gremaud, Justine Letouzey-Pasquier, Patrick Roy et Alexandre Mauron

---

## Introduction et problématique

- 1 À l'initiative d'un établissement scolaire d'une quinzaine d'enseignants et de sa directrice, l'Unité de recherche *Enseignement et apprentissage des disciplines scientifiques* (EADS) de la Haute École pédagogique de Fribourg (HEP-PH FR) en Suisse a été contactée pour proposer une formation continue aux enseignants sur une démarche d'investigation dans la verticalité des degrés d'enseignement et dans une perspective d'éducation en vue d'un développement durable. La volonté d'engager les élèves dans une démarche d'investigation interdisciplinaire avec des finalités éducatives à visées émancipatrice et réflexive (Roy et Gremaud, 2017) afin de produire des savoirs raisonnés (Orange, 2005) est apparue.
- 2 Au point de départ, les formateurs chercheurs postulent que la mise en place d'une recherche collaborative sous forme de Communauté Discursive de Pratiques Interdisciplinaires (CDPI) (Roy, Gremaud et Jenni, sous presse) doit prendre en considération un certain nombre de défis auxquels les enseignants devront faire face quant aux « savoirs à enseigner » et aux « savoirs pour enseigner » (Hofstetter et Schneuwly, 2009) selon une approche problématisée sur la thématique du chocolat.

- 3 Si certains objets de savoirs savants ou issus des pratiques sociales de références à enseigner (Audigier et al., 2015 ; Éthier et Lefrançois, 2016 ; Roy et Gremaud, 2017 ; Hasni, 2010 ; Hasni, Benabdallah et Dumais, 2016) circulent en dehors de l'école, ils sont susceptibles d'être mobilisés dans des problématiques à construire dans le cadre d'une démarche d'investigation interdisciplinaire (Roy et Gremaud, 2017). L'objet "chocolat" (Bisault et Rebiffé, 2011) a donc été étudié dans sa dimension scientifique en mobilisant les disciplines scolaires comme les sciences naturelles, la géographie ou l'histoire tout en abordant aussi des controverses porteuses de débats en classe, soit des questions socialement vives (Legardez et Simmoneaux, 2006 ; Simonneaux et Simonneaux, 2019) comme de savoir si le chocolat est bon pour la santé ou si la provenance des ingrédients nécessaires à sa fabrication respecte certains standards environnementaux et sociaux.
- 4 La mission des enseignants est ainsi de faire évoluer l'objet d'étude "chocolat" d'un objet du quotidien en un objet scolaire avec un fort ancrage épistémologique dans les disciplines scolaires. Les perspectives sociales, environnementales et même économiques pouvant susciter débats et controverses en classe ont ainsi été questionnées tout au long de la démarche : Fabrique-t-on du chocolat près de chez nous ? Quelles sont les personnes qui en fabriquent ? Qui le vend et pourquoi ? Comment les fèves de cacao sont-elles produites et par qui ? Comment arrivent-elles chez le fabricant de chocolat ? Puis-je fabriquer mon chocolat ?
- 5 Au niveau des savoirs pour enseigner, la démarche d'investigation interdisciplinaire (Roy et Gremaud, 2017 ; Letouzey-Pasquier, Gremaud et al., sous presse) et, en particulier, les phases de problématisation (Fabre, 1999 ; Orange, 2005) et de conceptualisation peut s'avérer complexe à planifier et à mettre en œuvre en classe.
- 6 Les démarches d'investigation menées en classe se déclinent selon différentes modalités comme cela est illustré dans un ouvrage thématique (Roy, Pache et Gremaud, 2017) que nous avons coordonné. Le principe de vivre une investigation de manière à nourrir chacune des phases de la démarche vécue est un élément essentiel comme le montre la récursivité des différentes modélisations des démarches à caractère scientifique proposées dans cet ouvrage (Roy et Gremaud, 2017 ; Simonneaux et al., 2017).
- 7 Dans le cadre de cet article, nous questionnons les pratiques d'enseignantes de maternelle sur la mise en œuvre des différentes phases de la démarche d'investigation interdisciplinaire durant une séquence d'enseignement interdisciplinaire : comment la phase de problématisation d'un objet complexe comme le chocolat avec de jeunes élèves s'est-elle déroulée ? Comment les enseignantes ont-elles problématisé avec leurs élèves ? Comment ont-elles articulé la phase de problématisation avec celle de modélisation ? Comment et dans quelles perspectives ont-elles utilisées les modèles en classe ? Comment et à quels moments la modélisation peut-elle contribuer à enrichir la démarche d'investigation ?

## 1. Démarche d'investigation et question socialement vive

- 8 Une démarche d'investigation peut être perçue comme une expérience à vivre par l'apprenant dans un environnement qui est le sien, qui est aussi en constante évolution, et où les solutions ne sont pas toujours possibles ou envisageables (Dewey, 1993). Une

telle démarche didactique par un questionnement socioépistémologique à partir de controverses, des incertitudes liées à la démarche d'investigation en elle-même a émergé dans les années 1990-2000 par la didactique des QSV (Albe, 2009 ; Legardez, 1999, 2004, 2006 ; Legardez et Simonneaux, 2006 ; Simonneaux et Simonneaux, 2005, 2007, 2009, 2011, 2019) à des visées émancipatrice et réflexive (Roy et Gremaud, 2017) en plaçant les sciences en « contexte » (Simonneaux et Simonneaux, 2019).

- 9 En nous appuyant sur les auteurs précédemment cités, soulignons que plusieurs attributs essentiels caractérisent les QSV : elles présentent un caractère de controverses ; elles sont vives dans la société et questionnent les savoirs de références et plus particulièrement les savoirs scolaires ; elles prennent ancrages dans les sciences comme les sciences naturelles et les sciences humaines et sociales ; elles sont multidimensionnelles et il n'y a pas une unique et bonne réponse. Les QSV tendent ainsi à développer des modes de pensée particuliers chez l'apprenant comme l'esprit critique, la pensée systémique ou la pensée prospective.

## 1.1 La démarche d'investigation dans une perspective interdisciplinaire

- 10 La démarche d'investigation cherche à initier un processus d'enseignement-apprentissage sur des objets porteurs de controverses et de débats dans la classe (Legardez et Simonneaux, 2006). Ainsi, nous rejoignons Simonneaux (2019) qui relève que c'est le processus d'enquête lui-même qui permet d'analyser les QSV, leurs interconnexions, les liens et oppositions entre les acteurs, les réseaux d'emprise. L'expérience même de l'enquête vécue permet de développer et légitimer des compétences et des savoirs d'ordre scientifique, mais aussi professionnel et social.
- 11 L'important est de traiter de questions socialement vives de manière interdisciplinaire (Panissal, 2019) en opérant dans l'action didactique de la séquence menée en classe. Les questionnements pour l'enseignant peuvent ainsi être d'ordre socioépistémologique (ex. quels savoirs ? quelles valeurs ?) ou d'ordre opératoire (ex. quels dispositifs d'enseignement ? quelles aptitudes développées chez l'apprenant ?).
- 12 La pensée complexe est un des enjeux majeurs actuels. C'est une des clefs de la compréhension du monde dans lequel nous vivons qui comporte une part d'inconnu, d'incertitudes et même de risques. Elle permet d'appréhender les problèmes importants auxquels nous sommes et serons confrontés. En effet « les enjeux sociétaux [et environnementaux] actuels se caractérisent par des interactions multiples entre de nombreux acteurs et facteurs et relèvent de disciplines diverses comme les sciences humaines et sociales et les sciences de la nature » (Audigier, Fink, Freudiger et Haeberli, 2011, cité dans Hertig, 2015). Cette approche par la complexité ne peut cependant pas faire l'économie de s'appuyer sur les concepts propres à chaque discipline pour un traitement raisonné de problématiques scolaires traitées afin de développer une culture scientifique minimum en rupture avec les savoirs de sens commun (Astolfi, 2008 ; Orange, 2013 ; Roy et Gremaud, 2017).
- 13 Notre perspective interdisciplinaire convoque les travaux de Fourez (1997) qui propose de travailler à partir « d'îlots interdisciplinaires de rationalité » et permet de travailler à la fois avec les savoirs conceptuels propres à chaque discipline, mais aussi avec les savoirs des enseignants sur les disciplines scolaires à mobiliser au quotidien avec leurs élèves. En ce sens, cette approche est inclusive pour les acteurs participant à la CDPI.

Les enseignants se heurtent souvent à la difficulté de cerner les enjeux liés aux savoirs disciplinaires standardisés et inscrits au curriculum. Le défi est donc de considérer l'interdisciplinarité comme un moyen d'aborder un objet d'étude complexe en s'appuyant sur les savoirs disciplinaires.

- 14 Afin de les accompagner dans la difficile phase de problématisation interdisciplinaire, nous avons utilisé la matrice interdisciplinaire (Gremaud et Roy, 2017 ; 2022) comme outil d'analyse a priori à fort ancrage épistémologique. La matrice interdisciplinaire se caractérise par l'élaboration et l'intégration par l'enseignant dans un tableau à double entrée de questions fécondes regroupées en thématiques. En amont de la phase problématisation en classe, ces questions fécondes sont rattachées à des concepts disciplinaires préalablement identifiés afin de se donner une représentation interdisciplinaire de la QSV abordée, d'explorer le champ des possibles (Orange, 2005) tout en identifiant et mobilisant les concepts disciplinaires pertinents.

## 1.2 La démarche d'investigation interdisciplinaire autour de la complexité d'un objet du quotidien

- 15 L'exploration des incertitudes fait ainsi partie de la démarche d'investigation en elle-même plus que le fait de trouver LA réponse aux questions construites avec les élèves. L'éducation scientifique propose des moments qui sortent des silos disciplinaires pour intégrer une approche transversale et interdisciplinaire nécessaire afin de découvrir son monde familier.
- 16 Tout au long de la démarche d'investigation, Morin (2019) précise l'importance de distinguer les savoirs stabilisés des savoirs en construction tout en posant un regard critique sur les informations récoltées, en interrogeant les faits établis et en développant sa propre opinion sur les éléments encore en questionnement. À l'école obligatoire, l'élaboration d'un savoir scolaire en lien avec une argumentation pertinente se concrétise souvent en groupe en favorisant les échanges, les discussions et le débat comme le montrent les nombreuses recherches scientifiques de ces trente dernières années.
- 17 L'enseignement des sciences, et plus particulièrement l'engagement des jeunes élèves dans un processus d'investigation interdisciplinaire s'opère par questionnement sur des objets concrets, la manipulation ou encore l'imagination (Chalmeau et al., 2019). À l'école maternelle, l'exploration de l'espace proche de l'élève est une composante essentielle : par la découverte de leur milieu de vie quotidien, par le fait de le questionner, d'en manipuler les éléments, de l'imaginer sous des formes diverses et variées afin de le découvrir, de l'appréhender (Chalmeau et al., 2019). Il s'agit pour les apprenants engagés dans une démarche d'investigation de travailler sur des situations comportant un ensemble d'objets que nous ne parvenons pas à mettre en connexion de manière cohérente (Simonneaux, 2019).
- 18 Cette recherche a pour but d'analyser et de comprendre comment les enseignants font évoluer le statut de l'objet "chocolat" (Bisault et Rebiffé, 2011), d'un objet quotidien et non scolaire à l'ébauche d'un objet d'investigation interdisciplinaire scolaire. Il s'agit de faire passer la branche de chocolat pouvant être touchée, sentie et mangée par un enfant de maternelle en un objet défini par des attributs, puis en un objet conceptuel modélisé collectivement avec les élèves. En reprenant les travaux de Bisault et Rebiffé (2011), il s'agit de passer d'un registre de perception/action à un registre de discussion/

conceptualisation. Nous tentons ainsi, via la phase de problématisation et l'utilisation de la matrice interdisciplinaire, de mettre en évidence comment les enseignants ont développé une séquence d'enseignement-apprentissage sur cette thématique du chocolat en s'appuyant, notamment, sur l'élaboration de modèles en classe.

- 19 L'objet "chocolat" est exploré sous différents angles, problématisé à plusieurs reprises durant toute la séquence d'enseignement-apprentissage en dégagant avec les élèves des questions fécondes interdisciplinaires (Gremaud et Roy, 2017 ; Letouzey-Pasquier, Gremaud et al., sous presse) qui orientent ensuite les recherches. Les résultats des recherches menées tout au long de la démarche d'investigation peuvent être rassemblés et parfois modélisés afin d'amener les élèves à se donner une compréhension systémique de cet objet finalement beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît quand on l'interroge sous l'angle des disciplines scolaires (Hertig, Jenni et Varcher, 2013 ; Hertig, 2015). Le chocolat, même s'il procure beaucoup de plaisir quand on le mange, suscite bien des controverses dans notre société, mais aussi dans le quotidien des élèves. Tant au niveau des modes de production (utilisation de produits chimiques, déforestation, travail des enfants, mode de transport polluant) que dans sa consommation (quantité de sucre utilisé, agent conservateur, ...), le chocolat, comme produit, pose de nombreuses questions qui peuvent faire l'objet d'investigation en classe. Il s'agit de développer une multitude de points de vue pour déconstruire et ensuite reconstruire l'objet d'étude en chevauchant les frontières disciplinaires (Hertig, 2018).

### 1.3 La modélisation dans le cadre de la démarche d'investigation interdisciplinaire

- 20 Les multiples travaux depuis le milieu du XXe siècle sur l'éducation scientifique mettent en évidence l'importance des modèles et de la modélisation (Roy, 2018) comme processus dynamique et non linéaire du raisonnement scientifique. Si le terme de modèle est largement polysémique, un grand nombre d'auteurs de différentes disciplines s'accordent à dire qu'il s'agit d'une représentation réduite et simplifiée du réel ou de la réalité dans laquelle nous vivons (Drouin, 1988 ; Justi et Gilbert, 2003 ; Orange, 1997, Roy et Hasni, 2004 ; Roy 2018 ; Varenne, 2014).
- 21 Justi et Gilbert (2002) définissent la notion de modèle comme une représentation simplifiée d'une idée, d'un objet, d'un événement, d'un processus ou d'un système en lien avec un objet réel. Ils mettent l'accent sur le principe de construction d'un problème et de sa résolution afin de représenter une réalité par un schéma simplificateur.
- 22 Dans le monde scolaire, les modèles se présentent sous différents types et sous formes variées (Hebiterne-Poinssac, 2000). Ils ont souvent pour but de susciter l'intérêt des élèves, d'illustrer une notion ou un concept, de faciliter un apprentissage et sa mémorisation ou encore de contribuer à alimenter un débat en classe. La question de son utilisation didactique se pose cependant.
- 23 Dans les sciences naturelles, les modèles explicatifs sont souvent exploités comme un outil afin d'aider les apprenants à décrire, expliquer et prédire des phénomènes scientifiques naturels ou humains (Hasni, 2010 ; Martinand, 1992, 1994 ; Orange, 1994, 1997 ; Robardet et Guillaud, 1997 ; Roy, 2018). Ils aident à construire des savoirs conceptuels portant sur ces phénomènes par exemple. Il s'agit pour les apprenants de

pouvoir mettre en relation les éléments constituant leur savoir, d'établir des liens entre les différents concepts convoqués afin de rendre intelligible un processus ou un phénomène étudié (Robardet et Guillaud, 1997 ; Roy, 2018).

- 24 La modélisation intégrant un ou des modèles tout au long du processus peut ainsi se justifier comme une forme particulière de démarche d'investigation (Hasni, 2010 ; Hankeln et Hersant, 2020 ; Martinand, 1994 ; Orange, 2005 ; Roy, 2018). Elle est exploitée comme un outil favorisant la médiation des idées émises en classe et des connaissances, savoirs récoltés tout au long des enquêtes menées afin d'aider les élèves à progresser dans leur réflexion, à développer leur compréhension du monde qui les entoure (Roy, 2018 ; Schwarz et White, 2005).
- 25 Différents types de modèles sont construits avec les élèves afin qu'ils puissent les utiliser et les exploiter conceptuellement pour aborder un objet d'étude dans le cadre d'une démarche d'enquête dans le domaine des sciences humaines et sociales comme la géographie ou l'histoire par exemple (Audigier et al., 2015 ; Doussot, 2018 ; Hertig, 2015, 2018).
- 26 La modélisation dans le domaine des sciences humaines et sociales n'a que peu été didactisée dans le monde francophone comme le relèvent Jenni et al (2013) ou encore Hertig (2018). Ces chercheurs mettent cependant en évidence des recherches de l'ERDESS<sup>1</sup> visant à proposer un cadre de référence pour caractériser et hiérarchiser les capacités des élèves à penser la complexité en s'appuyant, entre autres, sur les travaux de Morin (1999). Il n'en demeure pas moins que la construction de modèles repose sur une part de subjectivité humaine et sociale.
- 27 Les enseignants doivent avoir une bonne connaissance des finalités de la modélisation, mais aussi connaître les différentes natures des modèles utilisés. Les élèves sont ensuite en mesure de prendre progressivement en charge la construction même des modèles en les questionnant et en les modifiant tout au long de leur démarche d'investigation afin de développer un véritable outil de pensée (Hertig, 2018 ; Martinand, 1994 ; Roy, 2018).
- 28 D'autres travaux de recherche (Varenne et al., 2013 ; 2014 ; Varenne ;2017) permettent d'élargir notre champ conceptuel en convoquant une approche plus sociologique et montrent que la modélisation ne désigne pas que le modèle en lui-même, mais bien tout le processus de construction qui peut être individuel ou collectif. La pratique de modélisation consiste ainsi à choisir, concevoir ou produire un ou des modèles avec des fonctions différentes pour lesquelles on a les moyens de les évaluer dans un cadre donné (Varenne, 2017). Des objectifs d'enquête doivent de plus être définis au départ du processus. Cette approche dépasse ainsi le concept de modèle comme étant une représentation simplifiée, mais le présente plutôt comme une grille de lecture possible, un filtre ou une lentille grossissante (Varenne, 2017) dont les principales fonctions peuvent être d'ordre différent, mais complémentaire :
  - faciliter une observation ou une expérimentation ;
  - faciliter une présentation intelligible ;
  - faciliter une théorisation ;
  - faciliter la médiation entre discours ;
  - faciliter la médiation entre représentation et action.
- 29 Comme nous avons pu le voir dans les différents éléments déposés dans ce chapitre 1 et articulé autour de l'investigation interdisciplinaire comme démarche porteuses de sens

quand il s'agit de traiter d'un objet controversé en classe, l'élaboration de modèles en réponse à des questions fécondes préalablement identifiées (Gremaud et Roy, 2017 ; 2022) avec les élèves ouvre des pistes didactiques encore peu exploitées par les enseignants. Le modèle serait, ainsi exploité didactiquement, un puissant outil de pensée pour les élèves.

## 2. Axes de questionnement et méthodologie

- 30 Au regard des différents concepts convoqués dans le cadre théorique précédent, des questions demeurent cependant. Comment articuler l'engagement des élèves dans une démarche d'investigation interdisciplinaire intégrant l'élaboration de modèles ? Comment engager et accompagner les élèves dans cette modélisation de la complexité d'un objet comme celui du chocolat ? Comment articuler et opérationnaliser en classe les différentes phases de la démarche d'investigation et plus spécialement les phases de problématisation et de conceptualisation dans une perspective interdisciplinaire en utilisant un outil de pensée comme les modèles tout au long de l'enquête ?
- 31 Pour tenter de répondre à ces questions, une Communauté Discursive de Pratiques Interdisciplinaires (CDPI (Gremaud et al., 2021 ; Roy, Gremaud & Jenni, sous presse) a été mise en place afin d'engager un collectif de chercheurs de la Haute École pédagogique de Fribourg et de l'Université de Genève en Suisse, de collaborateurs pédagogiques et d'enseignants du primaire dans la formulation, l'élaboration et le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur l'objet chocolat avec des élèves du cycle 1 et 2 (4 à 12 ans). Les acteurs s'engagent ainsi dans une entreprise commune, une entraide mutuelle et une complémentarité des compétences permettant de construire un répertoire de ressources (expériences, connaissances, ressources matérielles, etc.) permettant d'atteindre leurs objectifs (Desgagné, 2001 ; Desgagné, Bednarz, Lebuis, Poirier et Couture, 2001). Le principal défi pour les acteurs de cette communauté (enseignants, collaborateurs pédagogiques et formateurs) est de pouvoir construire progressivement un « espace interprétatif partagé » (Bednarz, Rinaudo et Roditi, 2015) entre eux.
- 32 Nous avons ainsi travaillé avec ces enseignants en formation continue sur la démarche d'investigation (Roy et Gremaud, 2017) en mettant l'accent sur la phase de problématisation et en leur demandant d'élaborer une matrice interdisciplinaire (Gremaud et Roy, 2017 ; Gremaud et al., 2021). Cet outil à fort ancrage épistémologique demande une analyse a priori pointue de l'enseignant sur le plan des savoirs disciplinaires potentiellement à travailler en classe en lien avec de possibles questions fécondes avant de s'engager dans la phase de problématisation.
- 33 L'utilisation du modèle comme outil de pensée a aussi été travaillée en formation dans l'objectif d'une mobilisation de ce concept dans une séquence d'enseignement. Fondés sur la pensée complexe de Morin (1999), les travaux de Jenni, Varcher et Hertig (2013) proposent de mobiliser le modèle de manière progressive pour caractériser les liens tissés par des élèves appelés à raisonner sur des situations sociales complexes (Hertig, 2015).
- 34 Notre focale d'analyse est centrée sur la manière dont deux enseignantes de maternelle (élèves de 5-6 ans) travaillant en commun ont élaboré et mis en œuvre une démarche d'investigation interdisciplinaire sur la thématique du chocolat dans le cadre d'une



CDPI articulée autour des deux objets-frontière retenus (Star et Griesemer, 1989 ; Trompette et Vink, 2009 ; Marlot, Toullec-Théry et Daguzon, 2017 ; Marlot et Roy, 2020 ; Roy, Gremaud et Jenny, sous presse) : la matrice interdisciplinaire pour aider l'enseignant à problématiser et les modèles comme outils de pensée pour les élèves. Ces objets-frontières (OF) se caractérisent par le fait que ce sont des objets concrets ou abstraits suffisamment souples pour être appréhendés par les différents acteurs de la communauté. Ces OF, communs aux différents acteurs de la CDPI, ont comme mission de créer un pont entre les pratiques et entre les différents mondes sociaux en présence. Sur un même outil didactique comme la matrice interdisciplinaire, les enseignants peuvent voir une situation de classe par exemple, alors que le chercheur-formateur y verra un ou des concepts didactiques particuliers et que le collaborateur pédagogique le considérera comme un outil permettant d'acquérir des notions et des habiletés.

- 35 Les principaux recueils de données se sont articulés autour de deux axes de questionnement :
  - Comment les enseignants ont-ils mis en œuvre la démarche d'investigation en classe avec les élèves et plus particulièrement la phase de problématisation à l'aide de la matrice interdisciplinaire ?
  - Comment et sous quelle forme la construction de modèles par des élèves de maternelle a-t-elle permis d'aborder la complexité de l'objet chocolat en classe ?
- 36 La principale hypothèse de notre recherche repose sur le fait que la matrice interdisciplinaire et les modèles construits par les élèves, peuvent être des leviers didactiques porteurs pour la conception et la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement-apprentissage sur la production et la consommation d'un produit abordé sous l'angle des questions socialement vives comme le chocolat.
- 37 Les matériaux récoltés et exploités lors de ces premières analyses exploratoires ont été de nature différente :
  - Des documents produits par les enseignants en amont de la séquence menée en classe (planifications personnelles de la séquence et matrice interdisciplinaire essentiellement) ;
  - Des documents vidéo ou audio recueillis tout au long de la séquence d'enseignement menée en classe sur plus d'une dizaine de séances ;
  - Un focus group ante et post ;
  - Une séance filmée de co-analyse après la mise en œuvre de la séquence.
- 38 Ces différentes données ont été en partie retranscrites et ont fait l'objet d'une analyse de contenu thématique (Bardin, 2007) mettant en évidence les pratiques effectives des enseignantes sous l'angle de la chronogenèse (Sensevy et Mercier, 2007). En présentant les différentes étapes de l'enquête menée en classe à une échelle macroscopique, un tableau d'analyse a été élaboré (figure 1 ci-dessous) par le visionnement et l'analyse de l'ensemble des vidéos et photos qui montre la genèse des temps didactiques. Il recouvre l'évolution de la construction du savoir par les élèves en classe tout au long de la séquence sous forme de tableau à deux entrées en lien avec les phases de la démarche d'investigation (Roy et Gremaud, 2017) et en fonction des événements vécus tout au long de la séquence. Divers documents comme les planifications des enseignants, les documents et productions d'élèves nous ont aussi permis de mieux comprendre la démarche d'investigation menée en classe.

### 3. Résultats

- 39 Ce chapitre présente et analyse la pratique d'enseignement du point de vue de la démarche d'investigation avec un focus important sur les phases de problématisation et de modélisation. Le premier sous-chapitre revient sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation en classe avec les élèves de maternelle autour de l'objet chocolat questionné sous l'angle de sa production et de sa consommation. La deuxième partie met le focus sur la modélisation comme outil de pensée des élèves tout au long de la démarche d'investigation et de ses différentes phases. Nous terminons nos analyses en évoquant les différentes fonctions que peuvent avoir le modèle dans un exemple de situation.

#### 3.1 Aperçu de la mise en œuvre de la démarche d'investigation interdisciplinaire sur un objet complexe comme le chocolat

- 40 Nos analyses mettent tout d'abord en évidence le fait que les élèves avec l'aide de leur enseignante ont su s'approprier la démarche d'investigation interdisciplinaire comme le montre la figure 1 ci-dessous reconstituant les principaux épisodes (A à J) de l'enquête menée en classe. Chacune des quatre phases de la démarche d'investigation (Roy et Gremaud, 2017) est ainsi mobilisée en alternance et de manière itérative tout au long d'une sélection de 30 événements (E1 à E30) que nous avons reconstitués.
- 41 Au départ de la séquence, les enseignantes ont plongé les élèves dans une première situation problématisante. Elles leur ont placé le défi de retrouver et acheter le même chocolat que celui dégusté ensemble, mais dont tous les morceaux avaient été mangés.
- 42 La découverte par les sens de l'objet "chocolat" fabriqués artisanalement a d'emblée suscité un intérêt certain et a surtout permis d'identifier avec les élèves des questions fécondes pour l'enquête future (D'où est-ce qu'il vient ? Est-ce encore possible d'en avoir ? Est-ce vraiment bien pour moi de manger beaucoup de chocolat ? Pourquoi est-ce que Jules ne mange pas de chocolat ?). Cette première étape de l'enquête menée pour retrouver le bon fabricant a ainsi été engagée comme le montre l'épisode A de la figure 1 ci-dessous.
- 43 Toutes les recherches en lien avec l'identification des ingrédients nécessaires à la production de chocolat, à la rencontre de l'artisan dans son atelier, à la fabrication de son propre chocolat, à la découverte de la production et au transport de fèves de cacao sont ainsi présentes dans la figure 1 sous forme d'épisodes. Le travail de questionnement entre les élèves avec un accompagnement ciblé de l'enseignante apparaît tout au long de la figure 1. Ce travail de problématisation contribue directement selon nous à préparer les enfants à soulever des sujets de discussions et de débats touchant des questions socialement vives en lien avec la santé et la consommation d'un produit en lien avec leur âge.

Figure 1 : Représentation des phases de la démarche d'investigation interdisciplinaire menée en classe par des élèves de maternelle par épisodes et événements

Etape de la DIS				
Episodes de l'enquête	problématiser	planifier	investiguer	conceptualiser
A. dégustation de l'objet mystère	E1. Situation problématique en lien avec les élèves connus de cette situation à la découverte d'un objet mystère	E4. Observation avec les élèves de ce qu'il y a dans le sac, en lien avec les élèves connus de cette situation à la découverte d'un objet mystère	E2. Découverte de l'objet mystère par les élèves (chocolat, sucre, cacao, lait, etc.)	E3. Caractérisation de l'objet mystère avec des préconnaissances
B. A la recherche de l'objet mystère dans les magasins	E6. Que peut être pour avoir mystère dans les magasins ?	E7. Recherche de l'objet mystère dans les magasins connus des élèves	E8. Recherche de l'objet mystère dans les magasins connus des élèves	E5. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
C. A la recherche dans les chocolateries artisanales	E9. Les élèves ont-ils trouvé le chocolat mystère ?	E10. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E11. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E6. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
D. Retrouvons le lieu de fabrication	E12. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E13. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E14. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E7. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
E. De l'école à la chocolaterie « Fleur de cacao »	E15. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E16. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E17. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E8. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
F. Découvrons la chocolaterie « Fleur de cacao » et fabriquons du chocolat	E18. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E19. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E20. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E9. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
G. Quelles sont les étapes de fabrication du chocolat ?	E21. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E22. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E23. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E10. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
H. Quelles sont les origines du cacao ?	E24. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E25. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E26. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E11. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
I. Comment fabriquer mon chocolat ?	E27. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E28. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E29. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E12. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances
J. Quel voyage pour le chocolat ?	E30. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E31. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E32. Recherche de l'objet mystère dans les chocolateries artisanales	E13. Recherche de l'objet mystère avec des préconnaissances

- 44 Les enseignantes ont tout d'abord choisi de proposer une situation problématisante autour de la découverte d'un objet mystère, des carrés de chocolat en l'occurrence, comme l'évènement 1 (E1 dans le tableau) le relate. L'objet "chocolat" est ainsi découvert et investigué une première fois par les élèves à partir de leurs sens en le mangeant (E2). Cette phase de problématisation s'est caractérisée par le recueil de toute une série d'hypothèses ou questions d'élèves qui ont ensuite été rassemblées et déposées sur papier avec l'ensemble de la classe afin de dégager quelques questions fécondes qui ont permis de donner un fil rouge à l'ensemble de la séquence. Ce premier épisode A a débouché sur une première phase de conceptualisation afin de caractériser le chocolat (E3) par un premier modèle décrivant cet objet d'étude. Cela a aussi permis aux élèves d'entrer véritablement dans une démarche d'investigation puisque les enseignantes leur ont proposé de retrouver près de chez eux ce même chocolat après que les élèves aient mangé tous les morceaux. L'épisode B se caractérise surtout par une recherche dans différents magasins connus des élèves à partir d'un indice, l'emballage encore à disposition, que les enseignantes avaient pris le soin de photocopier pour chacun. Les élèves ont ainsi pu proposer des endroits où il est possible de retrouver ce chocolat et planifier leur recherche (E7) avec l'aide des enseignantes. Si les recherches se sont avérées peu fructueuses (E9), de nouveaux indices recueillis lors d'une discussion avec une vendeuse d'un magasin et synthétisée en E9 (« c'est un chocolat artisanal fabriqué par une qui le vend elle-même ») ont permis de relancer une nouvelle enquête sur les lieux de fabrication artisanale de chocolat en ville de Fribourg (épisode C). Ce nouvel épisode était centré sur l'identification du lieu de fabrication du chocolat et a engagé une partie de la classe à visiter leur ville afin de retrouver ce lieu (E12 et E13) en faisant des photos tout au long du parcours reliant leur école à la chocolaterie « Fleur de cacao ». Le fait de recueillir

des traces (E14) a ensuite permis aux autres élèves de reconstituer le chemin effectué par leurs camarades en se mettant d'accord sur une suite chronologique du parcours à accomplir en classant d'abord les photos (E16), mais surtout en modélisant le parcours à effectuer tous ensemble avec leurs propres dessins (E17). Il s'agissait ainsi d'avoir un document personnel sur le chemin à parcourir pour rejoindre la chocolaterie « Fleur de cacao » située en Basse-Ville de Fribourg.

- 45 Si la recherche de la chocolaterie a été une réussite et ainsi validé chacun des modèles (E19), elle a surtout permis aux élèves de fabriquer leur propre chocolat lors d'un atelier qui a suivi. Durant cette activité, des impulsions ont été données par la propriétaire de la chocolaterie sur les origines des différents produits utilisés et les enjeux sociaux et économiques liés au mode de production (Qui travaille pour produire des fèves de cacao ? Est-ce que les enfants contribuent à produire du cacao ? Pourquoi le font-ils au lieu d'aller à l'école ? Pourquoi faut-il mettre autant de sucre dans la recette ?), ce qui a ensuite permis aux enseignantes, en classe, de relancer un nouvel épisode autour des étapes de fabrication de « mon chocolat » (épisode I) et un suivant (épisode J) sur le voyage d'une fève de cacao depuis son lieu de production jusqu'à la chocolaterie.
- 46 L'évènement E28 propose un moment de conceptualisation didactiquement très intéressant afin de revenir sur la richesse et la complexité de l'enquête menée tout au long des épisodes. Les enseignantes ont ainsi demandé à des groupes de deux ou trois élèves dans un atelier libre de modéliser dans un coin de la classe le voyage d'une fève de cacao jusqu'à sa fabrication dans une chocolaterie artisanale. Ils pouvaient ainsi synthétiser une grande partie des apprentissages réalisés tout au long de la séquence et par là revenir sur les questions fécondes initiales dont la principale : « Comment fabrique-t-on le chocolat ? ». Par l'utilisation de matériaux riches et divers amenés en classe par les enseignantes, la mission des élèves était de pouvoir expliquer la filière du chocolat tant au niveau de la production des ingrédients que des étapes de fabrication. Nous reviendrons plus finement sur cet évènement dans nos analyses du chapitre 3.3.
- 47 Nos analyses nous permettent donc de relever que les phases de la démarche d'investigation ont été mobilisées dans la perspective de construire progressivement des savoirs autour de l'objet d'investigation qu'était le chocolat. Si les ancrages disciplinaires de ces savoirs ont surtout été dans le domaine des sciences naturelles, de la géographie et de l'histoire (se situer dans l'espace et le temps), les enseignantes ont rencontré des difficultés à les nommer explicitement dans leur préparation et planification comme la séance de co-analyse l'a montré. Elles ont surtout élaboré des préparations en mettant en évidence la démarche, mais peu les concepts disciplinaires, même si les apprentissages réalisés se défendent au niveau du curriculum de formation.

### 3.2 La modélisation interdisciplinaire comme outil de pensée tout au long de la démarche d'investigation

- 48 Au niveau du deuxième concept didactique, la modélisation, nous faisons dans un premier temps le constat que le processus d'appropriation par les enseignantes n'a pas été le même et que son utilisation en classe n'a pas été conscientisée. En effet, dans la classe de 1-2H, le recours à la construction de modèles n'a pas été réfléchi et pensé dans les planifications par les enseignantes.

- 49 Lors de la phase de co-analyse entre enseignants et formateurs-chercheurs, les enseignantes disaient ne pas avoir eu recours aux modèles comme outil de pensée pour les élèves (Hertig, 2018) car d'un niveau de difficultés trop élevé pour des enfants de 5-6 ans. Cependant, après des échanges et discussions autour des présentations d'exemples de modélisation réalisés dans une classe de 7H, les deux enseignantes ont remis cet enjeu didactique sur la table. Elles ont repris quelques documents de classe, des photos prises avec des élèves, pour extraire des moments qu'elles ont elles-mêmes questionnés en demandant à la communauté si cela pouvait être de la modélisation. Ce moment de co-analyse nous a poussés à analyser plus finement dans les séquences filmées en classe pour identifier si oui ou non la modélisation avait été mobilisée et surtout comment.
- 50 Ainsi notre tableau déjà présenté en figure 1 met en évidence des zones grisées qui se rapportent à des moments où un modèle a été mobilisé comme outil. Il s'agit essentiellement de modèles construits en plénum entre l'enseignante et les élèves afin de se mettre d'accord sur :
- des questions ou des hypothèses à traiter lors de la phase de problématisation (E5, E10 et E26) ;
  - des idées ou des propositions d'investigation en lien avec la phase de planification (E27) ;
  - des moments où le recueil et le traitement de données se sont faits en classe et durant lesquels il a fallu se mettre d'accord sur les recherches de chacun en lien avec la phase d'investigation (E16 et E21) ;
  - des moments de synthèses et de conceptualisation des apprentissages (E3, E9, E13, E17, E 22, E25 et E 28) afin de faciliter la compréhension d'une observation ou d'une expérience menée en classe comme, par exemple, caractériser le chocolat goûté en classe (E3).
- 51 Comme nous pouvons le remarquer dans le tableau d'analyse (fig.1), différents modèles ont été mobilisés à plusieurs moments de l'investigation. Par des échanges, des discussions et des débats en classe, les élèves ont produit en commun des modèles représentatifs leur permettant d'expliquer, de décrire ou de prédire (Roy, 2018) un événement ou un processus. Les modèles ont surtout eu la fonction de faciliter les discours de chacun (Varenne, 2017). Ils ont ainsi dû se mettre d'accord sur des connaissances par des dessins, des pictogrammes, des mots ou des phrases souvent proposés par l'enseignante qui jouait un rôle essentiel dans ce processus de co-construction de modèles intelligibles pour l'ensemble de la classe.
- 52 Nous relevons par exemple une première phase de modélisation d'une hypothèse dégagée par le groupe classe sur ce qu'il faut pour fabriquer du chocolat (E5). Après discussion avec la classe, l'enseignante utilise à la fois des mots et des pictogrammes pour les associer et ainsi proposer un modèle qui va permettre aux élèves d'élaborer une hypothèse commune liée au processus de fabrication. Cette hypothèse E5 ne sera finalement pas vérifiée immédiatement, mais reprise dans l'épisode G et plus spécialement durant l'événement E22. Cette modélisation commune géante du processus de fabrication du chocolat est conçue à partir des photos prises lors de l'activité de fabrication du chocolat, mais aussi en utilisant des étiquettes résumant les différentes phases de fabrication, des mots et dessins d'élèves ou encore des pictogrammes souvent concoctés par l'enseignante sur proposition de la classe. Ce document synthétise ainsi un processus chronologique complexe qui permettra ensuite aux élèves d'expliquer avec leurs mots comment fabriquer du chocolat, de quels ingrédients on a besoin pour cette fabrication, dans quel ordre le processus se passe et

quels outils sont utilisés. Cela a permis de faciliter la représentation de tout un processus qui a été expérimenté (Varenne, 2017).

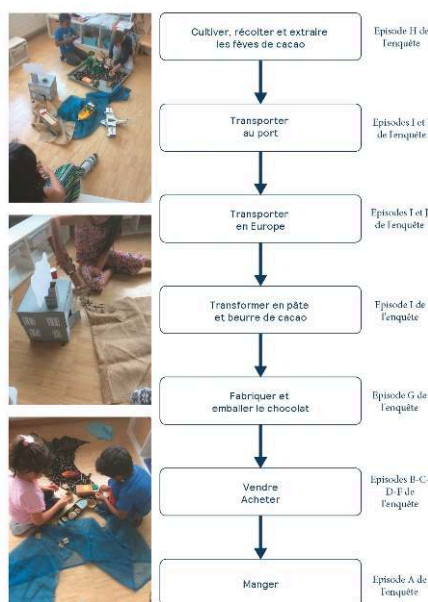
- 53 La modélisation du chemin menant les élèves de leur école à la chocolaterie a retenu notre attention (E16 et E17). En effet, si un groupe d'élèves a pu investiguer pour vivre le chemin en direct, l'objectif du deuxième groupe d'élèves était d'utiliser une représentation du chemin à parcourir afin de pouvoir aussi retrouver la chocolaterie déjà visitée par une partie de la classe. Le défi pour le premier groupe était donc double : décrire correctement un chemin menant d'un point A à un point B avec l'aide d'un plan (E13) co-construit en classe avec la maîtresse pour une partie de la classe et construire un modèle explicatif afin que le deuxième groupe retrouve la chocolaterie (E17). Les enfants du groupe qui avaient déjà réalisé la sortie devenaient des « experts » que l'on pouvait consulter. L'utilisation du modèle construit par les élèves s'est ensuite faite lors de la sortie à la chocolaterie (E19) après l'avoir organisée et planifiée ensemble avec l'enseignante (E18).
- 54 Durant l'évènement E25, il est intéressant de constater que les élèves utilisent une carte du monde afin d'expliquer un processus de production d'une matière indispensable comme la poudre de cacao. À l'aide de fèves de cacaoyer, de dessins de fève, de petits drapeaux plantés sur des cure-dents et de fils de laine, leur mission était de reconstituer le trajet de la fève de cacao menant jusqu'à la chocolaterie. Ce type d'exercice de modélisation permet aussi d'initier les élèves à une réflexion inscrite dans différentes échelles spatiales à partir d'un modèle de base.

### 3.3 La modélisation interdisciplinaire comme fonction de présentation intelligible et de médiation de discours entre élèves-acteurs

- 55 Un moment fort autour de la modélisation interdisciplinaire nous a semblé évocateur comme processus d'apprentissage lié à l'objet chocolat. Nous faisons référence à l'évènement 28 de la figure 1 qui met en évidence une activité où les élèves devaient reconstituer les étapes de transformation de la fève de cacaoyer, de son arbre à l'usine de fabrication du chocolat. En agrandissant les images et en les commentant pour les replacer dans le contexte de la séance, nous constatons que les élèves ont su modéliser dans l'espace de la classe un processus complexe. Ainsi, à partir des différents objets concrets amenés en classe par l'enseignante (un tapis en peau de girafe symbolisant la région de production, un arbre, une fève, des paniers, des sacs en jute, un séchoir, une mer, un bateau, un avion, un camion, une usine en chocolat), les élèves avaient pour mission de reconstituer la filière de transformation du chocolat.

Figure 2 : Modélisation par les élèves du processus de transformation du chocolat (figure adaptée de Roy, Gremaud et Jenni, sous presse)

Modélisation par les élèves du processus de transformation du chocolat : de la fève de cacao au morceau de chocolat à manger



- 56 Comme le montre le modèle en 3D illustrée par des images de classe ci-dessus (figure 2) en lien avec les épisodes de l'enquête (colonne de droite de la figure ci-dessus, colonne faisant référence aux épisodes de l'enquête de la figure 1), les élèves ont été amenés à s'approprier un processus complexe : la transformation d'un produit de base, le cacao qu'ils ont ainsi représenté de manière simplifiée et argumentée. Les élèves sont donc entrés dans la phase de conceptualisation en exploitant un outil de pensée, le modèle, afin d'expliquer avec leurs mots et des objets, la transformation de la fève de cacao. Le défi était pour eux de présenter de manière intelligible ce processus tout en se mettant d'accord sur les principales phases à considérer dans leur modèle. Cette manière de se représenter et de s'expliquer mutuellement le processus étudié renvoie explicitement aux fonctions décrites par Varenne (2017) comme une modélisation facilitant une représentation intelligible d'un processus complexe en se mettant d'accord d'une part sur les discours de chacun, mais aussi sur la manière de représenter une action.

## Conclusion

- 57 Si le dispositif mis en place dans cette CDPI nous questionne encore aujourd'hui, il nous a permis de mettre en lumière deux axes de réflexion en lien avec notre hypothèse principale qui reposait sur le fait que les deux objets-frontière retenus par la CDPI, la matrice interdisciplinaire comme outil de problématisation pour l'enseignant et la construction de modèles tout au long de la démarche d'investigation, peuvent être des leviers didactiques porteurs pour la conception et la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement-apprentissage sur la production et la consommation d'un produit



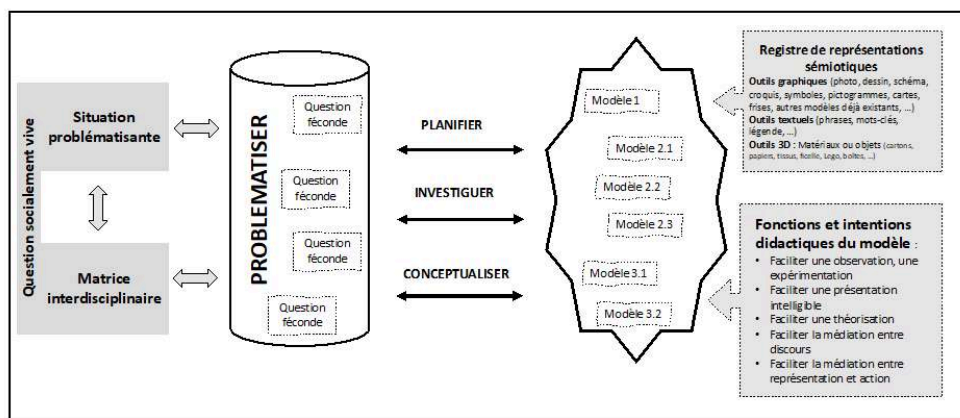
parfois controversé et soulevant certaines questions socialement vives en lien avec la santé et les modes de fabrication.

- 58 La séquence d'enseignement mise en œuvre par les enseignantes s'inscrit dans une démarche d'investigation mobilisant des concepts de plusieurs disciplines scolaires. Les élèves ont ainsi eu l'occasion de relever plusieurs défis en menant des investigations orientées par des questions dites fécondes préalablement pensées par l'enseignant grâce à la matrice interdisciplinaire (Gremaud et Roy, 2017). Les incessants aller et retour entre les quatre phases de la démarche mettent en évidence une appropriation pertinente des enjeux récurrents et itératifs de la démarche. En revanche, nous soulignons encore une fois la difficulté d'identifier les enjeux de savoirs disciplinaires pour les enseignantes tout au long des préparations et des apprentissages voulus (Letouzey-Pasquier, Gremaud et al., sous-presses). Cet enjeu majeur reste encore une pierre d'achoppement didactique.
- 59 S'il est vrai que la séquence d'enseignement vécue en classe a progressivement perdu le fil de la question socialement vive initialement posée (*le chocolat est-il bon pour la santé ?* question initialement déposée dans la matrice interdisciplinaire), nos analyses nous permettent de rejoindre Hervé et al. (2019) quand il relève que les QSV, comme forme particulière de controverses, relèvent d'un type de problèmes particuliers qui demande un travail de problématisation important et récurrent, plus que de résolution de problème. Les analyses des séquences vidéo nous ont permis de mettre en évidence des liens forts entre les savoirs-questions qui n'ont de valeur qu'au regard des savoirs-réponses dans notre contexte d'enquête sur l'objet chocolat. Nos premières analyses ont permis de souligner l'importance de cette dialectique qui est au cœur de l'enquête (Hervé et al, 2022).
- 60 Au niveau de la modélisation, nous faisons le constat que ce processus didactique pourtant travaillée avec la CDPI (Roy, Gremaud et Jenni, sous presse) n'a pas été un élément évocateur et porteur de changements de pratiques conscientisés de la part des enseignantes. L'utilisation des modèles en classe était un enjeu didactique adopté par la communauté, mais il s'avère qu'il n'a pas été cerné dans toutes ses dimensions par les enseignantes. C'est lors de la phase de co-analyse que l'émergence de ce concept a réapparu dans les séquences menées en classe. Nous faisons aujourd'hui le constat que les enseignants devraient avoir une bonne connaissance des finalités même de la modélisation et de connaître les différentes natures et surtout fonctions des modèles utilisés afin d'en favoriser la construction avec les élèves. Nous faisons l'hypothèse que cet objet doit être mieux ancré dans les pratiques enseignantes et être utilisé comme un objet-frontière permettant les échanges entre les formateurs et les enseignants afin de développer un espace interprétatif partagé (Ligozat et Marlot, 2016 ; Marlot et Roy ; 2020 ; Marlot, Toullec-Théry et Daguzon, 2017 ; Roy et Marlot 2020 ; Roy, Gremaud et Jenni, sous presse).
- 61 Les différentes questions construites et ensuite investiguées par les élèves ont souvent débouché sur un modèle qui a permis d'illustrer une réflexion, une action, un processus que l'on peut qualifier de réponse provisoire, surtout pour des élèves de maternelle. L'objet chocolat a ainsi été investigué dans sa dimension scientifique en engageant les élèves dans une démarche réflexive et critique lors de la création de leurs propres modèles ou communs à la classe en réponse aux questions fécondes dégagées lors de la phase de problématisation, comme le montre la figure 3. C'est dans la construction et la confrontation des modèles élaborés que l'on peut d'une part mesurer leur degré de



pertinence, mais aussi préparer le terreau fertile à la formation d'un citoyen réflexif et critique.

Figure 3 : le processus de modélisation interdisciplinaire d'un objet complexe à partir d'une QSV



- 62 Comme nous le montre la figure 3 ci-dessus, nous faisons le constat que des modèles représentatifs de fonctions différentes ont été exploités car ils s'inscrivent dans la démarche d'investigation en elle-même. À partir des questions fécondes élaborées en classe avec les enseignantes à la suite d'une situation problématisante construite autour d'une QSV, les enfants ont ainsi été amenés tout au long de leur enquête à créer et élaborer des modèles simples, mais adaptés à leur âge en essayant de se représenter et de décrire l'objet "chocolat" en utilisant un registre de représentations sémiotiques variés (outils graphiques, outils textuels ou des objets concrets).
- 63 La modélisation a, par exemple, été convoquée lors de l'élaboration d'hypothèses. Ce n'est donc pas seulement dans la phase de conceptualisation que les modèles ont été mobilisés, mais tout au long de la séquence. Cela nous pousse à souligner que la démarche d'investigation telle que proposée par Roy et Gremaud (2017) est un outil intéressant, mais qu'il est à questionner sous l'angle du rôle que la modélisation peut prendre lors de sa mise en œuvre. En effet, la modélisation n'est souvent convoquée que dans la phase de conceptualisation alors que nos analyses mettent en évidence que la création de modèles peut se faire tout au long de la démarche d'investigation. L'adéquation entre la phase de problématisation et la modélisation est ainsi un enjeu majeur. Le processus de modélisation progressif et évolutif à partir des différentes questions fécondes tout au long de la démarche s'observe durant les différentes phases de la démarche. Ce processus puise sa dynamique dans les différentes investigations menées sur le terrain par les jeunes élèves, par leur appropriation des contenus disciplinaires travaillés dans les différentes phases de la démarche d'investigation en tentant de modéliser leurs découvertes et réflexions afin de pouvoir décrire ce qu'ils ont appris, par exemple d'expliquer un processus de transformation d'une matière première (le cacao).
- 64 Comme forme particulière de controverses, la question socialement vive initialement posée, *le chocolat est-il bon pour la santé ?*, joue un rôle central pour donner du sens aux apprentissages car elle suscite par essence des réponses multiples et riches à une

enquête qui ne vise pas le juste ou le faux, mais bien un enrichissement des connaissances. La QSV devrait faire office de question organisatrice facilitant la démarche d'investigation dont le but est de pouvoir répondre tout ou en partie à cette QSV.

- 65 Une hypothèse nouvelle émerge de nos analyses et renvoie aux travaux de Varenne (2017), Varenne et Silberstein (2013) et Varenne et al. (2014) sur les fonctions de la modélisation qui nous semblent porteuses sur le plan didactique. La mise en relation de la phase de problématisation avec le processus de modélisation des objets ou faits scientifiques abordés en classe nous paraît une option intéressante. Le processus de modélisation pourrait ainsi se justifier tout au long de la démarche d'investigation interdisciplinaire comme un outil favorisant la communication, la médiation des idées émises en classe, des savoirs récoltés tout au long des enquêtes menées afin d'aider les élèves à progresser dans leur réflexion, à développer leur compréhension du monde matériel et humain qui les entoure.
- 66 Ainsi un enjeu didactique apparaît sur la pertinence d'utiliser dans le domaine des sciences le processus de modélisation en lien avec les démarches d'investigation. De manière générale et en lien avec notre recherche, nous pouvons affirmer que modéliser un système complexe ne rime pas nécessairement avec l'élaboration d'un modèle complexe. Tout dépend des objectifs fixés et des questions fécondes qui ont engendré le modèle surtout si celui-ci a des visées éducatives. Le fait de construire un modèle, par essence imparfait, engage les élèves à développer une vision systémique et critique de leur propre production surtout si une QSV s'inscrit en toile de fond de l'investigation, QSV auquel il faudrait pouvoir répondre en fin de séquence. Une approche didactique de la modélisation dans les disciplines scolaires scientifiques offre des perspectives de recherche fort intéressantes dont les retombées en formation initiale et continue pourraient être riches au niveau didactique.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Albe, V. (2009). *Enseigner des controverses*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Astolfi, J.-P. (2008). *La saveur des savoirs : disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (2002). *La didactique des sciences*. Paris : Presses universitaires de France.
- Audigier, F., Sgard, A., & Tutiaux-Guillon, N. (2015). *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation : Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances ?*. Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur
- Audigier, F., Fink, N., Freudiger, N., & Haeberli, P. (2011). *Éducation en vue du développement durable et sciences sociales : des élèves en débats*. Genève : Université de Genève.
- Bardin, L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.

Bednarz, N., Rinaudo, J.-L., & Roditi, É. (2015). La recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39(1), 171-184.

Bisault, J., & Rebiffé, C. (2011). Découverte du monde et interactions langagières à l'école maternelle : construire ensemble un objet d'investigation scientifique. *Carrefours de l'éducation* (3), 13-28.

Chalmeau, R., Vergnolle Mainar, C., Léna, J., Julien, M., Bédouret, D. & Calvet, A. (2019). Des démarches d'enquête pour explorer son territoire dans le futur [1]. Dans : Jean Simonneaux éd., *La démarche d'enquête : Une contribution à la didactique des questions socialement vives* (pp. 83-102). Dijon cedex, France : Éducagri éditions.

Desgagné, S. (2001). La recherche collaborative : nouvelle dynamique de recherche en éducation. Dans M. Anadón (dir.), *Des nouvelles dynamiques de recherche en éducation* (p. 51-76). Québec : Presses de l'Université Laval.

Desgagné, S., Bednarz, N., Couture, C., Poirier, L., & Lebus, P. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation : un nouveau rapport à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27, 33-64.

Doussot, S. (2018). *L'apprentissage de l'histoire par problématisation*. Bruxelles : Peter Lang.

Dewey, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête*. Paris : PUF (1<sup>re</sup> éd. 1938).

Éthier, M.-A., & Lefrançois, D. (2016). L'éducation à la citoyenneté doit s'incarner dans une discipline. In A. Hasni, J. Lebrun, & Y. Lenoir (Éd.), *Les disciplines scolaires et la vie hors de l'école. Le cas des "éducations à" au Québec. Éducation à la santé, éducation à l'environnement et éducation à la citoyenneté* (p. 93-118). Montréal : Groupéditions Éditeurs.

Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses universitaires de France.

Fourez, G. (1997). Qu'entendre par îlot de rationalité ? et par îlot interdisciplinaire de rationalité ? *Aster*, 1997, 25 "Enseignants et élèves face aux obstacles".

Gremaud, B., & Roy, P. (2017). La matrice interdisciplinaire d'une question scientifique socialement vive comme outil d'analyse a priori dans le processus de problématisation. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 125-141.

Gremaud, B., & Roy, P. (2022). Le développement d'une pensée critique et citoyenne par la problématisation interdisciplinaire d'un fait historique improbable : le mythe. Dans A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *L'usage des faits dans la construction de la réalité sociale et naturelle à l'école : enjeux scientifiques et socioéducatifs* (pp. 119-151). Saint-Lambert (Québec) : Editions Cours universitaires.

Gremaud, B., Roy, P., Mauron, A., Jenny, S., Angeloz, C., & Julmy, A. (2021). Problématiser et modéliser l'objet chocolat dans une perspective d'éducation en vue d'un développement durable. In P. Roy (dir.), *Des recherches participatives dans les didactiques disciplinaires et autres domaines de connaissance. Quelles finalités ? Quels savoirs ? Et quelles stratégies méthodologiques pour favoriser leur circulation dans les milieux de la recherche, de la formation et de la pratique ?* (pp. 143-157). Colloque international francophone mené à la Haute école pédagogique, Fribourg, Suisse.

Hankeln, C., & Hersant, M. (2020). Processus de modélisation et processus de problématisation en mathématique à la fin du lycée. *Éducation et didactique*, 14-3, p. 39-67.

Hasni, A. (2010). L'éducation à l'environnement et l'interdisciplinarité : de la contextualisation des savoirs à la scolarisation du contexte ? In A. Hasni & J. Lebeaume (Éd.), *Nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique : visées, contenus, compétences et pratiques* (p. 179-222). Ottawa : Presses de l'Université d'Ottawa.

Hasni, A., Benabdallah, A., & Dumais, N. (2016). L'éducation à la santé dans les manuels de sciences et technologies au secondaire au Québec. Visées, savoirs et actions en jeu. In A. Hasni, J. Lebrun, & Y. Lenoir (Éd.), *Les disciplines scolaires et la vie hors de l'école. Le cas des "éducations à" au Québec. Éducation à la santé, éducation à l'environnement et éducation à la citoyenneté* (p. 33-67). Montréal : Groupéditions Éditeurs.

Hebuterne-Poinssac, B. (2000). *L'image éducatrice*. Paris : PUF

Hertig, P. (2015). Approcher la complexité à l'École : enjeux d'enseignements et d'apprentissages disciplinaires et interdisciplinaires. In F. Audigier, A. Sgard, & N. Tutiaux-Guillon (Éds.), *Sciences de la nature et sciences de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances* (p. 125-137). Bruxelles, Belgique : De Boeck.

Hertig, P. (2018). Géographie scolaire et pensée de la complexité. *L'Information géographique*, vol. 82(3), 99-114.

Hervé, N. (2019). L'enquête dans la cartographie des controverses : Principes pour une adaptation dans l'enseignement secondaire. Dans J. Simonneaux (Ed.), *La démarche d'enquête, contribution à la didactique des Questions Socialement Vives* (p. 171-188). Dijon : Educagri éditions.

Hervé, N., Lipp, A., Cancian, N., Panissal, N., & Vidal, M. (2022). Quelles modélisations des démarches d'investigation en éducation au développement durable pour le développement d'une pensée problématique ? Lyon : presse universitaire.

Hofstetter, R. & Schneuwly, B. (2009). *Savoirs en (trans)formation : Au cœur des professions de l'enseignement et de la formation*. De Boeck Supérieur.

Jenni, P., Varcher, P., & Hertig, P. (2013). Des élèves débattent : sont-ils en mesure de penser la complexité. *Penser l'éducation*, Hors-série, 187-203.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.

Legardez, A. (1999). *Voies de recherche en didactique des sciences économiques, sociales et de gestion : l'exemple des sciences économiques et sociales dans l'enseignement secondaire français*. Mémoire de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches. Université de Provence.

Legardez, A. (2004). Transposition didactique et rapports aux savoirs : l'exemple des enseignements de questions économiques et sociales, socialement vives. *Revue française de pédagogie*, 149, 19-27.

Legardez, A. (2006). Enseigner des questions socialement vives. Quelques points de repères. In A. Legardez & L. Simonneaux (Éd.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner des questions vives*. Paris : ESF (p. 19-31).

Legardez, A., & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité*. Issy-Les-Moulineaux : ESF, 110.

Letouzey-Pasquier, J., Gremaud, B., Blondin, S., & Roy P. (sous presse). Development of teachers' competencies in the field of environmental and sustainability education: A community of practice focusing on the theme of chocolate. In. Glaudel, A., Pache A., & Partoune C., (dir.). "Environmental and sustainability education in compulsory education: Challenges and practices in Francophone Europe" *Special Issue of Environmental Education Research*.

- Ligozat, F. & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. In : F. Ligozat, M. Charmillot & A. Muller (Éds.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (pp. 143-164). Bruxelles, Belgique : De Boeck Supérieur.
- Marlot, C., & Roy, P. (2020). La Communauté Discursive de Pratiques : un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, (26), 163-183.
- Marlot, C., Toullec-Théry, M., & Daguzon, M. (2017). Processus de co-construction et rôle de l'objet biface en recherche collaborative. *Phronesis*, 6(1), 21-34.
- Martinand, J.-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Martinand, J. L. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Morin, E. (1999). *La tête bien faite. Repenser la réforme, réformer la pensée*. Paris, France : Seuil.
- Morin, O. (2019). Problématiser et... re-problématiser les QSVE ; vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités. Dans : Jean Simonneaux éd., *La démarche d'enquête : Une contribution à la didactique des questions socialement vives* (pp. 43-64). Dijon cedex, France : Éducagri éditions.
- Orange, C. (1994). Les modèles de la mise en relation au fonctionnement. Dans J. L. Martinand (Éd.), *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 25-43). Paris : INRP.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : Presses universitaires de France.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de L'éducation-Pour L'ère Nouvelle*, 38(3), 69-94.
- Orange, C. (2013). L'apprentissage des sciences : entre contextes et abstraction ? Dans F. Anciaux, T. Forissier, & L.-F. Prudent (Éd.), *Contextualisations didactiques : approches théoriques* (p. 189-224). Paris : L'Harmattan.
- Panissal, N. (2019). La compétence éthique comme vecteur d'émancipation. Dans : Jean Simonneaux éd., *La démarche d'enquête : Une contribution à la didactique des questions socialement vives* (pp. 103-113). Dijon cedex, France : Éducagri éditions.
- Robardet, G., & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques*. Paris, France : Presses Universitaires de France.
- Roy, P., Gremaud, B., & Jenni, Ph. (sous presse). Instituer une Communauté Discursive de Pratiques Interdisciplinaires dans le champ de l'éducation en vue d'un développement durable à l'école obligatoire : les assises théorico-méthodologiques (volet 1). Dans Orange, C., & Roy, P. (Eds.), *Recherches collaboratives en sciences de la nature et en « éducations à » : pour construire quels savoirs ?* Liège, Belgique : Presses Universitaires de Liège.
- Roy, P., Gremaud, B., & Jenni, Ph. (sous presse). Faire vivre une Communauté Discursive de Pratiques Interdisciplinaires dans le champ de l'éducation en vue d'un développement durable à l'école obligatoire pour faire évoluer le statut de l'objet « chocolat » (volet 2). Dans Orange, C., & Roy, P. (Eds.), *Recherches collaboratives en sciences de la nature et en « éducations à » : pour construire quels savoirs ?* Liège, Belgique : Presses Universitaires de Liège.

- Roy, P., Pache, A., & Gremaud, B. (2017). La problématisation, les démarches d'investigation scientifique et l'EDD : quelles conjugaisons possibles en vue de construire un monde meilleur ? (Éditorial). *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 7-20.
- Roy, P., Pache, A., & Gremaud, B. (Eds.). (2017). La problématisation et les démarches d'investigation scientifique dans le contexte d'une éducation en vue d'un développement durable. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22.
- Roy, P., & Gremaud, B. (2017). Une démarche d'investigation interdisciplinaire pour traiter des problématiques d'EDD dans une perspective d'instruction et de socialisation émancipatrice. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 99-123.
- Roy, P. (2018). *Modèles et modélisation en physique dans les pratiques d'enseignement d'enseignants québécois du secondaire : le cas de la cinématique* (Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Québec, Canada).
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). *Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling*. *Cognition and instruction*, 23(2), 165-205.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Simonneaux, J. (2019). *La démarche d'enquête : Une contribution à la didactique des questions socialement vives*. Dijon : Educagri éditions.
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, 27, 79-108.
- Simonneaux, J., & Simonneaux, L. (2007). L'EDD sous l'angle des Questions Socialement Vives (QSV) : l'exemple des biocarburants en bac technologique. Communication présentée dans le Colloque *Éducation à l'Environnement pour un Développement Durable : informer, former et éduquer*. IUFM Montpellier. Montpellier, France, 6-7 juin 2007.
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2009). A la croisée des Questions Socialement Vives et du développement durable : étude de la relation alimentation-environnement avec des enseignants. *Didaskalia*, 34, 67-104.
- Simonneaux, J., & Simonneaux, L. (2011). Argumentations d'étudiants sur des Questions Socialement Vives environnementales. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 13, 157-178.
- Simonneaux, J., & Simonneaux, L. (2019). Introduction. Dans J. Simonneaux (Ed.). *La démarche d'enquête, contribution à la didactique des Questions Socialement Vives* (pp. 9-21). Dijon : Educagri éditions.
- Simonneaux, J., Simonneaux, L., Hervé, N., Nédélec, L., Molinatti, G., Cancian, N., & Lipp, A. (2017). Menons l'enquête sur des questions d'Éducation au Développement Durable dans la perspective des Questions Socialement Vives. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, (22), 143-160.
- Star, S. L. & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- Star, S. L. & Griesemer, J. R. (1989). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In: L. Gasser & M. Huhns (Eds.), *Distributed artificial intelligence* (pp. 37-54). San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.

Trompette, P. & Vinck, D. (2009). Retour sur la notion d'. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*. 3(1), 5-27.

Varenne, F. (2017). *Théories et modèles en sciences humaines : Le cas de la géographie*. Paris : Éditions Matériologiques.

Varenne F. & Silberstein M. (dir.), (2013). *Modéliser & simuler. Épistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*, t. 1. Paris : Éditions Matériologiques.

Varenne F., Silberstein M., Dutreuil S. & Huneman P. (2014). *Modéliser & simuler. Épistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*, t. 2. Paris : Éditions Matériologiques.

## NOTES

1. Équipe de recherche en didactiques et épistémologie des sciences sociales, créée et animée par F. Audigier en Suisse romande.

## RÉSUMÉS

Dans cet article, nous rendrons compte de la manière dont deux enseignants de l'école maternelle se sont emparés du processus de modélisation à travers une démarche d'investigation interdisciplinaire (Roy et Gremaud, 2017) pour appréhender la complexité (Hertig, 2018) de l'objet "chocolat" afin de le faire passer d'un objet quotidien (monde concret) et non scolaire à une ébauche de modèle (représentation interdisciplinaire dans le monde conceptuel). Pour accompagner ces enseignantes, une Communauté Discursive de Pratiques Interdisciplinaires (CDPI) (Roy, Gremaud et Jenni, sous presse) a été mise en œuvre dans leur établissement. Elle a porté notamment sur deux concepts didactiques : la démarche d'enquête interdisciplinaire, avec sa phase de problématisation, et la modélisation de l'objet d'étude, le chocolat en l'occurrence. Les analyses de pratiques d'enseignement sur la thématique du chocolat mettent en évidence le rôle central de la modélisation pour traiter des Questions Socialement Vives (QVS) (Simonneaux & al., 2017) comme une approche possible pour travailler les controverses en classe d'une part, et pour développer une pensée complexe chez les élèves d'autre part. La branche chocolatée, objet d'étude parfois controversé de par ses modes de consommation et sa filière de production, a ainsi été abordée en classe dans le but de former de futurs citoyens réflexifs et critiques.

An analysis of teaching practices highlighting the central role of modelling when combining a Socially Vital Issue (SVI), "Chocolate", (Simonneaux & al., 2017) and the development of complex thinking skills. This article reports how two kindergarten teachers applied the modelling process through an interdisciplinary investigative approach (Roy and Gremaud, 2017) to capture the complexity (Hertig, 2018) of a commonplace (concrete world) subject, "chocolate", by transforming it into an interdisciplinary investigative subject (conceptual world). The chocolate industry, a subject of study at times controversial due to its modes of consumption and its production chain, was approached in the classroom with the objective to form future reflective and critical thinking citizens. The creation of an Interdisciplinary community of Practice and Discourse (Roy, Gremaud and Jenni, in press) was present to support the two educators. It

focused upon two didactic concepts: the interdisciplinary investigative approach and the modelling of complex thinking.

## INDEX

**Keywords :** modelling process, complex thinking, investigation process, problematisation, socially acute question

**Mots-clés :** processus de modélisation, complexité, démarche d'investigation, problématisation, question socialement vive

## AUTEURS

### BERTRAND GREMAUD

Professeur HEP associé en didactique des sciences, Haute école pédagogique Fribourg, Suisse, UR EADS

### JUSTINE LETOUZEY-PASQUIER

Professeure HEP assistante en didactique des sciences, Haute école pédagogique Fribourg, Suisse, UR EADS

### PATRICK ROY

Professeur HEP ordinaire en didactique des sciences, Haute école pédagogique Fribourg, Suisse, UR EADS

### ALEXANDRE MAURON

Chargé de cours HEP en didactique des sciences, Haute école pédagogique Fribourg, Suisse, UR EADS