



<https://fpeq.ch> · ISSN: 2813-8317

Boivin-Delpieu, G. (2020). Mobilisation et circulation de savoirs scientifiques issus de la recherche en didactique dans un module de formation destiné à des professeurs des écoles stagiaires. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 26, 113-127.

<https://doi.org/10.26034/vd.fpeq.2020.292>

This article is publish under a *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International* (CC BY):
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



© Géraldine Boivin-Delpieu, 2020



La circulation des savoirs de la recherche en didactique(s) entre les espaces de l'enseignement, de la recherche et de la formation



Comité de rédaction

Catherine Audrin HEP Vaud
Stéphanie Boéchat-Heer, HEP BEJUNE
Isabelle Caprani, IFFP
Isabelle Capron Puozzo HEP-Vaud
Pierre-François Coen, HEP Fribourg
Stefano Losa, SUPSI
Isabelle Mili, IUFE/UNIGE
Christophe Ronveau, UNIGE/ FPSE
Edmée Runtz-Christan, CERF, Université de Fribourg
Bernard Wentzel, HEP Valais

Comité scientifique

Bernard Baumberger, HEP Lausanne
Jonathan Bolduc, Université d'Ottawa
Gérard Sensevy, IUFM de Bretagne
Cecilia Borgès, Université de Montréal
Pierre-Philippe Bugnard, Université de Fribourg
Evelyne Charlier, Facultés universitaires Notre Dame de la Paix de Namur
Serge Dégagné, Université Laval
Marc Demeuse, Université de Mons-Hainaut
Jacques Ducommun, HEP BEJUNE
Jean-François Desbiens, Université de Sherbrooke
Hô-A-Sim Jeannine, IUFM de Guyane
Thierry Karsenti, Université de Montréal
Jean-François Marcel, Université de Toulouse II
Matthis Behrens, IRDP
Lucie Mottier Lopez, Université de Genève
Danièle Périsset Bagnoud, HEP du Valais
Philippe Le Borgne, IUFM de Franche-Comté
Sabine Vanhulle, Université de Genève

Coordinatrices du N° 26

Corinne Marlot
et Mylène Ducrey-Monnier

Rédacteur responsable

Pierre-François Coen / coenp@edufr.ch

Secrétariat scientifique

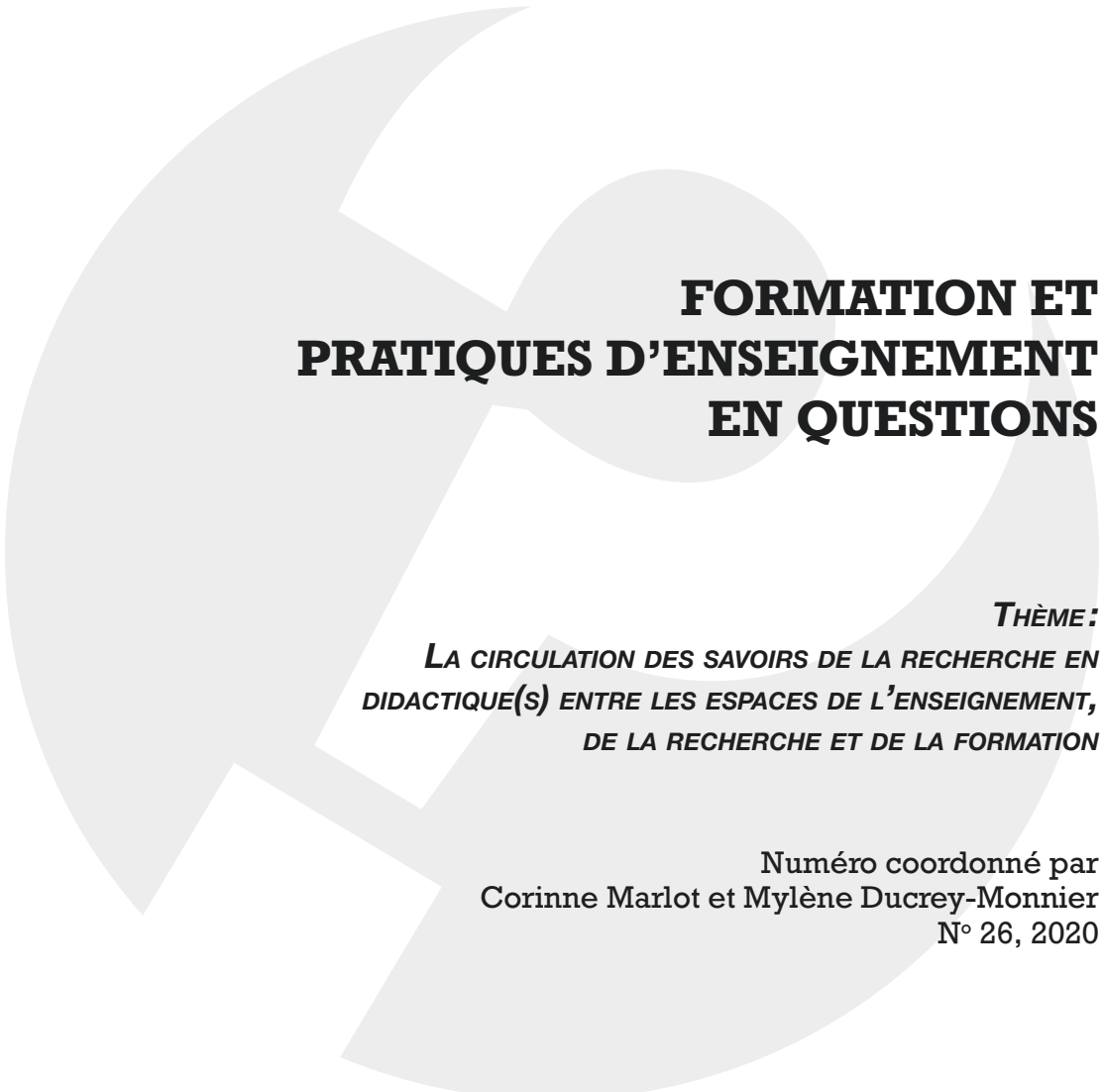
Sarah Boschung / boschungsa@edufr.ch

Secrétariat de la revue

Revue « Formation et pratiques d'enseignement en questions »
Haute école pédagogique de Fribourg
Rue de Morat 36
CH - 1700 Fribourg
www.revuedeshep.ch

Edition

Conseil académique des Hautes écoles romandes en charge de la formation
des enseignant.e.s (CAHR)



FORMATION ET PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT EN QUESTIONS

THÈME :

***LA CIRCULATION DES SAVOIRS DE LA RECHERCHE EN
DIDACTIQUE(S) ENTRE LES ESPACES DE L'ENSEIGNEMENT,
DE LA RECHERCHE ET DE LA FORMATION***

Numéro coordonné par
Corinne Marlot et Mylène Ducrey-Monnier
N° 26, 2020

Comité de lecture

René Barioni, HEP Vaud (Suisse)
Francine Chaîné, Université Laval (Canada)
Anne Clerc, Haute école pédagogique du canton de Vaud (Suisse)
Marie-Noëlle Cocton, Université Catholique de l'Ouest (France)
Frédéric Darbellay, Université de Genève (Suisse)
Jean-Rémi Lapaire, Université de Bordeaux (France)
Valérie Lussi Borer, Université de Genève (Suisse)
Françoise Masuy, Université de Louvain-La-Neuve (Belgique)
Danielle Périsset, Haute école pédagogique du Valais (Suisse)
Marie Potapushkina-Delfosse, Université Paris-Est Créteil (France)
Sar Savrak, Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud (Suisse)
Gabriele Sofia, Université Paul Valéry Montpellier 3 (France)
Stéphane Soulaire, Université de Montpellier (France)
Katja Vanini De Carlo, Université de Genève (Suisse)

Le contenu et la rédaction des articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

© Conseil académique des hautes écoles romandes en charge de la formation des enseignant.e.s
(CAHR)

ISSN 1660-9603

Secrétariat scientifique : Sarah Boschung
Rédacteur responsable : Pierre-François Coen
Conception graphique : Jean-Bernard Barras
Mise en page : Marc-Olivier Schatz



Thème : La circulation des savoirs de la recherche en didactique(s) entre les espaces de l'enseignement, de la recherche et de la formation

Numéro coordonné par
Corinne Marlot et Mylène Ducrey-Monnier

TABLE DES MATIERES

<i>Éditorial</i> Corinne Marlot	7
LA CIRCULATION DES SAVOIRS DE LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE EN AMONT DES DISPOSITIFS DE FORMATION	
<i>«Je n'utilise pas la théorie dans ma pratique de tous les jours». Échanges entre praticiens formateurs et enseignants HEP autour de concepts théoriques issus des didactiques</i> Santiago Hernandez et Mylène Ducrey-Monnier	17
<i>Le français parlé comme objet d'enseignement ? Regards croisés d'une didacticienne et d'un linguiste</i> Roxane Gagnon et Christophe Benzitoun	37
<i>Des sites «tâches-concepts» en chimie : un outil didactique pour l'analyse des objets à enseigner dans le programme de chimie de maturité suisse</i> Miguel Herrero et Florence Ligozat	53
LA CIRCULATION DES SAVOIRS DE LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE DANS DES DISPOSITIFS DE FORMATION INITIALE	
<i>Les gestes didactiques de métier : un outil d'analyse de la circulation des savoirs entre sphères de l'enseignement et de la formation</i> Fabienne Brière	75
<i>Conséquences de la circulation du concept de matérialité entre la recherche et la formation initiale des enseignants du primaire</i> Claire Taisson	93
<i>Mobilisation et circulation de savoirs scientifiques issus de la recherche en didactique dans un module de formation destiné à des professeurs des écoles stagiaires</i> Géraldine Boivin-Delpieu	113



LA CIRCULATION DES SAVOIRS DE LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE DANS DES DISPOSITIFS DE FORMATION CONTINUE

<i>Entre formation et accompagnement des enseignants : conditions d'appropriation des savoirs didactiques et effets sur les acteurs</i> Jessica Penneman	129
<i>La Communauté Discursive de Pratiques : un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche</i> Corinne Marlot et Patrick Roy	163
<i>Conditions et modalités de circulation des concepts et méthodes de la recherche en didactique des langues et cultures</i> Brigitte Gruson et Carole Le Henaff	185



**LA CIRCULATION DES SAVOIRS DE LA RECHERCHE
EN DIDACTIQUE EN AMONT DES DISPOSITIFS
DE FORMATION**



Mobilisation et circulation de savoirs scientifiques issus de la recherche en didactique dans un module de formation destiné à des professeurs des écoles stagiaires

Géraldine BOIVIN-DELPIEU¹ (ELLIADD-4661, Université de Franche-Comté, ESPE de Franche-Comté, France)

Les directives actuelles liées à la formation des métiers du professorat et de l'éducation préconisent des dispositifs intégrant des savoirs théoriques et des savoirs pratiques fortement articulés les uns aux autres. La sélection et l'intégration de ces savoirs est donc au cœur de nos préoccupations d'enseignante-chercheuse chargée de la formation en didactique des sciences physiques des professeurs des écoles stagiaires. Nous présentons un dispositif de formation tenant compte à la fois de certains résultats issus de la recherche en didactique mais aussi de principes théoriques dans le domaine de la formation. Nous proposons une présentation argumentée du dispositif de formation implémentée en précisant la nature des savoirs effectivement mis en circulation.

Mots-clés : Investigation, formation, épistémologie pratique, TACD, didactique des sciences physiques

Introduction

Cet article s'inscrit dans le contexte actuel de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation (ESBI). En effet, depuis les années 2000, de nombreuses recommandations (Rolland, 2006 ; Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson & Hemmo, 2007 ; P.O.L.L.E.N., 2009) ont tenté d'analyser, d'expliquer et surtout de trouver des solutions face aux difficultés liées aux phénomènes d'enseignement et d'apprentissage des sciences. La pratique scientifique basée sur l'investigation est alors présentée comme étant une solution permettant de rendre les sciences plus attractives, moins déductives et d'inciter à l'interdisciplinarité (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009). Calmettes (2015) la définit comme « un processus au cours duquel les élèves, par l'expérimentation directe sur la matière et l'observation, par la consultation de livres, d'autres ressources, d'experts, et par le débat, élaborent leur propre compréhension d'idées scientifiques fondamentales ; tout ceci se déroulant sous la direction du professeur ». Malgré tout, l'enseignement des sciences reste encore peu dispensé à l'école primaire et de nombreuses difficultés ont été pointées par les chercheurs : « aspects épistémologiques, gestion appropriée des interactions avec les élèves, et pour les enseignants du primaire, maîtrise des contenus scientifiques » (Venturini, 2016, p.14 ; Marlot & Morge, 2016).

1. Contact : geraldine.boivin-delpieu@univ-fcomte.fr



Ces constats orientent à la fois nos activités de recherche en didactique des sciences physiques mais aussi celles de formation au sein d'une ESPE². En effet, nous souhaitons favoriser l'évolution des pratiques enseignantes en sciences en donnant à voir aux enseignants formés une partie des résultats de nos recherches en lien avec l'étude des leviers et des freins à l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. Nous présentons dans cet article un exemple de dispositif de formation destiné à des professeurs des écoles stagiaires dans lequel plusieurs types de savoirs scientifiques, complémentaires, sont mis en circulation : ceux liés aux notions en jeu et aux savoirs à enseigner et ceux issus de la recherche en didactique des sciences. Après une brève présentation du contexte dans lequel le dispositif de formation a été implémenté, nous présentons les savoirs scientifiques sélectionnés, leurs conditions d'introduction et enfin le dispositif implémenté en justifiant sa structure au regard de ces conditions d'introduction et en précisant les types de savoirs circulant à chacune des étapes.

Contexte de la formation des enseignants en France

L'évolution actuelle de la plupart des états occidentaux «vers une société de la connaissance fait de l'éducation l'un des facteurs les plus importants de la croissance économique et de la vitalité d'une nation» (Obin, 2012 in Roux 2014, p.65). Dans ce contexte, l'union européenne a affiché dès 2000 sa volonté de développer une formation professionnelle des enseignants qui deviennent une ressource pour le management et le développement de la connaissance et ce avant 2010 (Conclusion de la présidence, conseil européen, Lisbonne, mars 2000³). La France, pour mettre en œuvre ces recommandations européennes et ainsi répondre aux enjeux éducatifs et sociétaux, a organisé la réforme de la formation des enseignants en plusieurs étapes. Parmi elles, on peut noter principalement l'intégration des IUFM⁴ aux universités en 2005, l'élévation du niveau de qualification des enseignants au niveau master en 2010. Enfin, en 2013, les ESPE⁵ se voient confier la responsabilité de la formation des enseignants à travers la Loi de Refondation de l'École. Cette réforme inscrit cette formation comme une compétence des universités, intégrée au parcours des masters Mention, Enseignement, Éducation, Formation (MEEF) et se revendique comme étant une formation professionnelle. D'après Paquey (2001), le professionnel est un praticien «qui a acquis par de longues études le statut et la capacité à réaliser en autonomie et en responsabilité des actes intellectuels non routiniers dans la poursuite d'objectifs en situation complexe» (Paquey et *al.*, 2001, p.19). De ce fait, l'objectif des ESPE est double : fournir un bagage théorique de haut niveau mais aussi accompagner l'entrée dans le monde professionnel des enseignants. Autrement dit, la formation doit intégrer des savoirs théoriques et des savoirs pratiques fortement articulés les uns aux autres, dans le but de préparer à l'exercice du métier.

2. École Supérieure du Professorat et de l'Éducation

3. Disponible à l'adresse http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_fr.htm

4. Institut Universitaire de Formation des Maîtres

5. École Supérieure du Professorat et de l'Éducation



Pour y parvenir, les textes officiels⁶ soulignent l'importance d'asseoir cette formation sur les résultats de la recherche : « en s'appuyant sur une activité d'initiation à la recherche, la formation permet à l'étudiant de se sensibiliser à la démarche scientifique dans son champ disciplinaire comme en sciences de l'éducation. »

C'est dans ce contexte, que nous avons élaboré et implémenté un dispositif de formation en didactique des sciences physiques destiné à des professeurs des écoles stagiaires (PES à mi-temps responsables d'une ou plusieurs classes et à mi-temps étudiants à l'ESPE, inscrits en master MEEF (deuxième année)).

Sélection des savoirs scientifiques donnés à voir aux PES à travers le dispositif de formation

Savoirs issus de la recherche en didactique

Lors de notre recherche doctorale, nous avons caractérisé l'action professorale à travers les conditions d'avancée du savoir dans la classe, dans le contexte de l'ESBI au cycle 3 lors de séquences en lien avec l'origine des phases de la Lune. Puis, conformément aux déterminants possibles de l'action professorale identifiés par la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011), nous avons inféré l'origine des choix opérés par les enseignants lors de l'élaboration et de l'implémentation de cette démarche. Nous avons ainsi mis en évidence que les savoirs visés n'apparaissent pas comme des déterminants majeurs de l'action professorale alors que nos résultats montrent par ailleurs que l'efficacité d'une démarche dépend de leur nature. Par exemple, nous montrons, à travers une étude de cas, qu'un raisonnement hypothético-déductif peut conduire à l'élaboration de modèles explicatifs erronés et que certaines connaissances visées peuvent nécessiter le recours à une démarche de type rationaliste basée sur un raisonnement déductif. De plus, nos résultats montrent que les décisions prises par les enseignants lors de la préparation et de l'implémentation des séquences de sciences s'appuient davantage sur leur épistémologie pratique et en particulier sur leurs représentations vis-à-vis des sciences et de leur enseignement que sur une analyse des savoirs en jeu (Boivin-Delpieu, 2015; Boivin-Delpieu, Bécu-Robinault, 2015).

Ces résultats montrent la nécessité à la fois de sensibiliser les PES à la variété des démarches d'enseignement possibles en sciences mais aussi de les rendre capables de choisir, parmi elles, une démarche d'enseignement adaptée à la nature des connaissances visées. Ainsi, donner à voir ces savoirs scientifiques issus de la recherche implique de doter les PES d'outils d'analyse leur permettant de mieux considérer la nature des connaissances visées. Pour atteindre ces objectifs, nous nous appuyons sur les données issues de notre recherche en montrant que le raisonnement hypothético-déductif sous-jacent à la démarche d'investigation décrite dans les programmes n'est pas toujours approprié aux savoirs visés et que d'autres types

6. <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid67297/espe-pourquoi-une-reforme-formation-des-enseignants-2013.html>



de raisonnement peuvent s'avérer nécessaires. Nous incitons ainsi les PES à une réflexion sur les raisonnements mis en œuvre selon la démarche choisie et en fonction de la nature des connaissances visées.

De plus, élaborer et mettre en œuvre une démarche d'apprentissage cohérente avec le savoir en jeu implique également de considérer des éléments spécifiques issus d'une approche épistémologique de la nature de la physique. En effet, à l'instar d'autres auteurs (Bécu-Robinault, 2018, 2004 ; Tiberghien, 2017 ; Boivin-Delpieu, 2015), nous considérons que la signification du savoir en situation dépend du fonctionnement du savoir de la discipline enseignée. Dans le cas des sciences physiques, pour donner du sens à un concept, et ainsi construire des connaissances compatibles avec le savoir scientifique de référence, il est nécessaire que la démarche implique l'implémentation de situations au sein desquelles les élèves devront mettre en relation des éléments des « modèles et théories enseignés et la description d'une situation matérielle en termes d'objets et d'événements » (Bécu-Robinault, 2004, p.118). Le monde des objets et des événements est principalement constitué des données issues du monde réel et celui des théories de champ théorique, de concepts, de règles, de théories construites à partir d'une abstraction des données empiriques. Ce processus cognitif de mise en relation des deux mondes donne alors lieu à des activités de modélisation (Tiberghien, 2017).

Donner à voir ces savoirs scientifiques issus de la recherche aux PES implique non seulement de les initier aux activités de modélisation en sciences mais aussi de les inciter à analyser les activités proposées aux élèves du point de vue de ces activités de modélisation. En choisissant d'introduire dans le dispositif de formation des connaissances scientifiques sur le processus de modélisation en sciences physiques, sur le rôle du modèle en tant qu'intermédiaire entre le monde des théories et le monde des objets et des événements, nous souhaitons rendre capables les PES de transposer ces processus de modélisation à la classe et ainsi de les rendre compréhensibles par les élèves.

Savoirs scientifiques disciplinaires liés aux savoirs à enseigner

Enfin, les savoirs scientifiques disciplinaires nécessaires à l'interprétation des phases de la Lune et à la variation de la durée de la journée au cours des saisons pour un lieu situé à une latitude moyenne seront également introduits dans le dispositif de formation. En effet, les situations de formation proposées aux PES s'appuieront sur des situations de classes où les savoirs à enseigner sont liés à ces phénomènes.

Conditions d'introduction des savoirs scientifiques sélectionnés dans le dispositif de formation

Donner à voir les savoirs scientifiques sélectionnés aux PES implique de les traduire de manière à les rendre compréhensibles par les futurs praticiens. En effet, « un savoir est construit dans une sphère et en fonction des enjeux de cette sphère. Pour faire sens dans une autre sphère, il doit partiellement être déconstruit et reconstruit en fonction des enjeux du nouveau contexte » (Derouet, 2002, p.15). Aussi, de manière à ce que ces savoirs fassent sens



pour les PES, nous fondons systématiquement nos modules de formation sur des principes théoriques en lien non seulement avec les processus d'enseignement et d'apprentissage en général mais aussi en lien avec les processus de formation des enseignants. Nous montrons dans la suite en quoi ces principes conditionnent l'introduction des savoirs scientifiques sélectionnés dans un espace «d'intéressement» commun entre accompagnateur et personnes accompagnées. Cet espace doit respecter les intérêts des différents acteurs et doit «en même temps mettre en place des procédures de traduction et de reproblématisation qui vont permettre à ces logiques différentes de communiquer et de coopérer» (Derouet, 2002, p.16).

Premièrement, tous nos dispositifs de formation prennent appui sur des principes théoriques en lien avec les processus d'enseignement et d'apprentissage. Conformément à la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011), nous considérons l'action didactique comme une transaction entre un enseignant et des apprenants et dont les objets transactionnels sont constitués des objets de savoirs. L'enseignant n'est donc pas une personne chargée d'exposer des connaissances dans le but de les transmettre mais il doit être capable d'élaborer et d'implémenter des situations permettant aux apprenants de construire leurs propres connaissances au sein des transactions didactiques. Ce point de vue a pour conséquence de concevoir des dispositifs de formation permettant aux PES de penser leur action didactique en lien avec celle de leurs élèves et ce pour chercher à mieux comprendre l'élaboration des savoirs. Autrement dit, considérer une action particulière de l'un des actants doit non seulement inciter les PES à chercher les implications des autres transactants mais aussi à chercher ce que chacun fera des objets transactionnels en jeu c'est-à-dire des savoirs. C'est pourquoi dans le dispositif présenté ci-après, nous avons choisi non seulement de confronter les formés à des situations réellement implémentées au cycle 3 mais aussi de créer des situations leur permettant d'interagir directement avec des élèves et des enseignants de ce cycle. Ainsi, nous souhaitons amener les PES à considérer leurs actions au regard des réactions des élèves et des enseignants référents.

De plus, sans chercher ni à développer les hypothèses psychologiques déployées au sein de la théorie socioconstructiviste de l'apprentissage, ni à débattre de la diversité et de la complexité des modes de construction des connaissances, nous considérons que cette construction résulte des interactions, des échanges, du travail de verbalisation... Nous considérons ainsi l'apprentissage comme le produit d'activités sociocognitives liées aux échanges didactiques enseignants-formés et formés-formés. Nous privilégions donc systématiquement, en formation, la mise en activité des PES autour de situations problématiques, leur autonomie et leur prise de responsabilité au sein des activités proposées, les interactions entre les PES, la prise en compte à la fois de leurs représentations sur l'enseignement des sciences mais aussi sur certaines connaissances scientifiques.

Deuxièmement, notre dispositif de formation prend appui sur des principes théoriques liés à la formation des enseignants. Tout d'abord, la formation des enseignants professionnels doit axer le travail sur une attitude critique



(Martinand, 1994). Nous entendons ici axer le travail sur une attitude critique dans le sens « d'une critique constructive qui s'appuie sur une analyse de pratique » (Saint Georges, 1998, p.57). Selon Saint Georges (1998), former à la didactique consiste alors à faire acquérir des méthodes et des outils d'analyse de sa propre pratique :

« Elle permet, en effet, d'attribuer à la didactique une fonction qui assure une relation étroite avec l'acte d'enseigner : ce que Altet (1994) appelle un « va et vient entre pratique-théorie-pratique ». Ce choix est en cohérence avec les options affichées par les didacticiens des sciences (Giordan, De Vecchi, 1990 ; Johsua, Dupin, 1993 ; Lemeignan, Weil-Barais, 1993), c'est-à-dire le cadre constructiviste : il se traduit ici dans l'option qui est prise de ne pas donner de réponses aux stagiaires avant qu'ils ne se soient posé les questions correspondantes. »

La didactique n'est donc pas conçue comme une discipline théorique à partir de laquelle les PES pourraient construire des compétences pédagogiques mais comme mettant à disposition des outils d'analyse des situations d'enseignement. Ce point de vue a pour conséquence de concevoir un dispositif de formation proposant une articulation pratique-théorie. Selon Boilevin et Carrée-Dumas (2001), ce type de dispositif permet une mise en contexte de savoirs théoriques tout en prenant en compte les pratiques réelles des enseignants ainsi que les contraintes liées au fonctionnement institutionnel. C'est pourquoi, notre modèle de formation fait intervenir la didactique directement en interaction avec des situations d'enseignement et d'apprentissage réellement implémentées. De plus, la formation des enseignants professionnels doit également axer le travail sur une attitude prospective (Martinand, 1994). Ici, le terme prospective doit être entendu dans le sens « d'une recherche, de la part des stagiaires, d'une évolution dans leur pratique » (Saint Georges, 1998, p.58). Ainsi, nous ambitionnons en formation de faire évoluer à la fois les pratiques des PES mais aussi d'enrichir leur domaine de connaissances disciplinaires. Nous avons ainsi choisi de développer des situations de formation présentant des points communs avec le travail de l'enseignant : un travail de préparation à la fois en lien avec la maîtrise des connaissances scientifiques mais aussi avec une réflexion didactique concernant l'implémentation des contenus.

Implémentation des savoirs scientifiques sélectionnés dans un dispositif de formation

Le dispositif présenté est un module optionnel proposé à des PES sur leur mi-temps de formation à l'ESPE. Il représente 12 heures de formation réparties sur 6 TD et concerne deux groupes de 24 et 25 stagiaires. Le module est organisé en trois temps distincts : une phase de résolution d'un problème didactique issu d'une pratique réelle de classe, une phase d'apports théoriques en lien avec le rôle de la modélisation en sciences physiques et une mise en situation permettant le réinvestissement des connaissances théoriques et pratiques ainsi abordées. Dans la suite, nous justifions l'organisation et les contenus de ce dispositif au regard des savoirs scientifiques sélectionnés et des principes théoriques conditionnant leur introduction.



Temps 1 : Situation problème (TD 1)

Cette première phase de travail a pour objectif d'interroger la pertinence d'une démarche d'enseignement basée sur l'investigation, et des raisonnements sous-jacents, vis-à-vis de la nature des savoirs visés. Pour cela, nous avons conçu une situation de formation permettant aux PES de construire ce questionnement à partir d'une situation pratique puis d'élaborer des pistes de résolution.

Concrètement, nous avons sélectionné parmi les données vidéographiques issues de notre recherche doctorale, un moment de classe caractérisé par un arrêt de la chronogénèse⁷. Cet extrait se situe après une séance ayant permis aux élèves l'appropriation d'un problème scientifique lié à l'interprétation des phases de la Lune et l'élaboration d'hypothèses. Cet extrait montre l'usage fait par deux groupes d'élèves d'une lampe (représentant le Soleil) et de deux balles en polystyrène (représentant la Terre et la Lune) mis à leur disposition par l'enseignante pour tester leurs hypothèses à propos de l'origine des phases de la Lune. Cette manipulation ne permet pas au premier groupe d'élèves de visualiser sur la balle représentant la Lune une variation de la zone éclairée pour un observateur terrestre et donc d'interpréter les phases de la Lune. Dans le second groupe, des lacunes théoriques concernant l'organisation du système Soleil-Terre-Lune conduisent les élèves à valider des hypothèses erronées vis-à-vis du savoir de référence (confusion des phases de la Lune avec une éclipse de Lune). Dans ces deux cas, la démarche linéaire, prototypique de la démarche d'investigation (Rojat, 2010), proposée par l'enseignante, et basée sur un raisonnement hypothético-déductif ne permet pas la construction de connaissances cohérentes avec le savoir de référence. Après avoir visualisé cet extrait filmé, un problème didactique est dégagé par les PES et formulé de la manière suivante : *Comment expliquer que la manipulation proposée, inscrite dans une démarche dite d'investigation (décrite en 5 étapes dans les instructions officielles), ne permette pas la construction des connaissances visées en lien avec l'origine des phases de la Lune ?*

Conformément aux conditions d'introduction des savoirs scientifiques dans le dispositif de formation exposées ci-avant, cette première situation permet de confronter les PES à une situation d'enseignement et d'apprentissage réellement implémentée. De plus, elle leur permet d'interroger le lien entre la nature des connaissances visées et le type de raisonnement sous-jacent à la démarche implémentée et ainsi de formuler un véritable problème d'enseignement-apprentissage. Les savoirs scientifiques que nous souhaitons donner à voir aux stagiaires seront donc une réponse à une question qu'ils se seront effectivement posée.

7. La chronogénèse est conceptualisée dans la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique dans le triplet des genèses (chronogénèse, topogénèse, mesogénèse) permettant de décrypter les modifications du milieu et du contrat didactique en les situant dans le temps. « On pourrait caractériser la chronogénèse en posant la question : quand et comment les objets de savoir sont-ils positionnés dans le temps d'un enseignement ? Cette catégorie incite à identifier la nature et les raisons du passage d'un contenu épistémique à un autre » (DPE, p.605). Autrement dit, une rupture de la chronogénèse marque une rupture dans l'avancée des savoirs visés.



Pour résoudre ce problème, les PES travaillent par groupes et disposent de différentes ressources, relatives à différents types de savoirs :

- de savoirs disciplinaires relatifs à l'interprétation de l'origine des phases de la Lune : des documents scientifiques sélectionnés par le formateur permettent d'interpréter le changement de formes de la Lune pour un observateur terrestre. La Lune est toujours éclairée de la même manière par le Soleil mais la partie visible depuis la Terre change en fonction de sa position par rapport à la Terre.
- de savoirs scientifiques issus de la recherche : la carte conceptuelle résultant de l'analyse *a priori*⁸ des savoirs en jeu réalisée dans notre recherche (Boivin-Delpieu, 2015). Ainsi, les PES disposent à la fois des résultats de cette analyse *a priori* mais aussi de l'outil ayant permis leur construction. Dans cette carte conceptuelle, la hiérarchisation des concepts, du plus spécifiques au plus génériques, montre que l'interprétation des phases de la Lune nécessite la prise en compte d'éléments issus de deux domaines de la physique : l'optique géométrique (en lien avec la formation des ombres) et la mécanique (en lien avec le mouvement des astres). Elle permet pour chacune des connaissances visées par les instructions officielles de cycle 3 de lister les éléments issus de ces deux cadres théoriques indispensables à leur maîtrise. De plus, l'organisation des connaissances dans la carte conceptuelle montre que « *Comprendre des phases de la Lune par une modélisation* » nécessite de mettre en relation des éléments issus du monde des objets et des événements avec des éléments issus du monde des théories.
- de savoirs institutionnels : les instructions officielles et les documents d'accompagnement disponibles sur éduscol.
- de savoirs pratiques relatifs à la mise en œuvre d'une démarche d'enseignement basée sur l'investigation : à travers un document présentant la démarche d'investigation (POLLEN⁹) et à travers les fiches de préparation de l'enseignante.

Chaque groupe des PES doit rédiger une solution au problème didactique posé en deux parties : les raisons possibles de l'échec de la manipulation mise en œuvre par les deux groupes d'élèves filmés sont explicitées ; une solution sous la forme d'une nouvelle activité permettant aux élèves de comprendre l'origine des phases de la Lune est proposée.

8. Pour mieux comprendre et analyser la progression des savoirs en jeu dans les transactions didactiques, nous avons réalisé une analyse *a priori* des savoirs visés par les programmes scientifiques de cycle 3 à propos du « Mouvement de la Lune autour de la Terre ». Pour ce faire, nous avons élaboré une représentation spatiale des concepts explicitement formulés dans les programmes, de manière à les organiser et les articuler. Cette analyse permet de comprendre l'imbrication des savoirs les uns par rapport aux autres et de prendre conscience des postulats nécessaires à l'élaboration des savoirs visés par les programmes (savoirs à enseigner).

9. Pollen est un projet européen de recherche et de développement soutenu par la direction générale à la recherche de la commission européenne. 2009. Consultable à l'adresse : https://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/IBSE_GUIDE.pdf



Conformément aux savoirs théoriques sur la formation, nous créons ainsi non seulement une situation favorisant les interactions entre formés mais aussi l'articulation pratique-théorie. En effet, la résolution du problème amène les PES, en prenant appui sur une situation réellement implémentée, à mettre en contexte des savoirs théoriques (ceux issus de la carte conceptuelle).

La mise en commun des solutions proposées par chacun des groupes de PES atteste non seulement de la dévolution¹⁰ du problème mais aussi de l'appropriation des savoirs scientifiques données à voir dans cette première phase de travail : la justification de l'échec des manipulations filmées est mise en lien avec l'inadéquation de la démarche proposée avec les savoirs en jeu ; conformément aux résultats de notre recherche, les nouvelles activités proposées aux élèves par les PES sont toutes une adaptation de la démarche prenant en compte la nature des savoirs visés.

À la suite de cette mise en commun et dans le but de valider les solutions proposées par les PES, nous proposons un nouvel extrait filmé issu des données de notre recherche. Ce nouveau moment de classe montre comment l'enseignante réagit face à l'échec de la première manipulation : les nouveaux éléments apportés au milieu (essentiellement des connaissances théoriques sur les mouvements des différents astres) permettent alors aux élèves de mettre en œuvre un raisonnement de type déductif et ainsi de construire les connaissances visées. Ainsi, les premières connaissances scientifiques que nous souhaitions donner à voir aux PES sont structurées à la fin de cette phase de travail. Ces savoirs n'ont pas seulement été dictés mais ils ont été « articulés et intégrés dans une démarche d'appropriation qui relève de la recherche de réponses et de la résolution de problèmes » (Garnier, 2008, p.6).

Temps 2 : apports théoriques sur le rôle de la modélisation en sciences physiques (TD2)

L'objectif de ce deuxième TD est d'initier une réflexion chez les PES sur la nature des activités du physicien puis de faire le lien avec les activités de modélisation des élèves lors des activités scientifiques proposées en classe.

La première partie du TD, essentiellement fondée sur une démarche expositive, a pour objectif d'introduire des connaissances scientifiques en lien avec les processus de modélisation en sciences, la nature et le rôle du modèle. Pour cela, nous prenons principalement appui sur les travaux de Bunge (1975), Bachelard (1979) ou encore Walliser (1977) pour définir la notion de modèle en sciences et sur les travaux de Tiberghien (2017) et Bécu-Robinault (2004) pour décrire les activités de modélisation des élèves. Ensuite, de manière à rendre utiles ces savoirs et donc à leur donner du sens, nous avons proposé aux PES d'analyser le second extrait filmé du TD1¹¹ du point de vue des activités de modélisation des élèves. Après une réflexion menée

10. Le processus de dévolution désigne le fait que l'enseignant est chargé de proposer aux élèves une situation qui leur permet de prendre la responsabilité de s'engager dans les apprentissages de façon autonome.

11. Extrait utilisé lors de la structuration des connaissances.



individuellement, nous avons choisi à travers une discussion collective de privilégier les interactions entre formés mais aussi entre formés et formateurs. Ainsi, nous avons pu discuter du rôle du modèle en tant qu'intermédiaire entre le monde des théories et le monde des objets et des événements et dans la construction des connaissances par les élèves.

Les éléments issus de cette discussion, pour être validés, sont ensuite comparés avec les résultats issus de la recherche (Boivin-Delpieu, 2015). Il est alors mis en évidence que le milieu matériel et cognitif, porteur d'éléments issus du monde des objets et des événements mais aussi du monde des théories, permet une mise en relation de ces deux mondes et permet une avancée significative des connaissances visées.

Temps 3 : transposition du problème soumis lors du TD1 dans un nouveau contexte proche de celui étudié précédemment

Conformément aux principes théoriques sur la formation, nous souhaitons renforcer l'articulation pratique-théorie de manière à mettre en contexte les savoirs théoriques donnés à voir aux PES tout en prenant en compte une situation réelle d'enseignement. Toutefois, devant l'impossibilité d'expérimenter directement dans les classes des PES (contraintes liées au temps, à la répartition des contenus des programmes...), nous avons collaboré avec une professeure des écoles (PE) chargée, à travers un dispositif de décroisement, de l'enseignement des sciences des élèves de cycle 3 dans son école. Nous avons ainsi travaillé avec deux classes d'élèves de cycle 3. Les connaissances visées s'inscrivent dans la même partie du programme que celles traitées lors de la première phase de la formation à savoir : « la révolution de la Terre autour du Soleil ». L'objectif spécifique de l'enseignante est d'expliquer l'origine de la variation de la durée de la journée au cours des saisons pour un lieu donné.

L'organisation du module de formation mettant en œuvre cette collaboration est détaillée dans le tableau 1, chaque ligne correspond soit à un TD (pour les PES) soit à une séance dans la classe (pour les élèves de cycle 3). Les TD et les séances positionnés sur une même ligne ont été réalisés en parallèle. La troisième colonne du tableau rend compte des types de savoirs circulant dans le dispositif de formation. Il nous est alors apparu nécessaire de distinguer les savoirs scientifiques (didactiques et disciplinaires), les savoirs institutionnels, les savoirs pratiques relatifs à l'enseignement des sciences et enfin les savoirs appliqués. Nous opérons cette dernière distinction en prenant appui sur les travaux de Van Der Maren (1996) qui définit le savoir pratique comme étant un savoir issu de la praxis mais incluant une réflexion distanciée et préparant à la mise en œuvre effective et le savoir appliqué comme étant une opérationnalisation du savoir scientifique.



Tableau 1 : organisation du module de formation

À l'ESPE, avec le groupe de stagiaire	Dans la classe de cycle 3, avec les élèves et l'enseignante (PE)	Type de savoirs circulant dans le dispositif de formation
TD3 Sur le modèle de la carte conceptuelle réalisée lors du TD1, les PES procèdent, par groupe, à une analyse <i>a priori</i> des savoirs en jeu dans la séquence proposée par l'enseignante. La mise en commun a permis d'explicitier les savoirs nécessaires à l'interprétation de la variation de la durée de la journée au cours des saisons pour un lieu donné; ils sont issus de l'optique géométrique et de la mécanique.	Séance 1 À partir d'une situation choisie par l'enseignante, un problème scientifique est élaboré par les élèves: Comment expliquer la variation de la durée des journées au cours des saisons pour un lieu donné? Les élèves élaborent, par écrit, individuellement puis par groupes des hypothèses.	Savoirs appliqués Les savoirs scientifiques issus de la carte conceptuelle présentée au TD1 sont réinvestis pour l'analyse <i>a priori</i> des nouvelles connaissances visées. Savoirs pratiques Les fiches de préparation de la PE et ses commentaires donnent un nouvel éclairage à l'analyse <i>a priori</i> des connaissances visées. Savoirs disciplinaires La variation de la durée de la journée au cours des saisons pour un lieu donné s'explique par l'inclinaison constante de l'axe des pôles par rapport au dans le plan de l'écliptique au cours de la révolution de la Terre.
TD4 Collectivement, des critères d'analyse des hypothèses des élèves sont élaborés à partir des cartes conceptuelles proposées dans le TD3. Les hypothèses sont analysées en termes de lacune théorique dans le domaine de l'optique et/ou de la mécanique. Chaque groupe de PES se voit attribuer un groupe d'élèves. Il procède alors à l'analyse de leurs hypothèses et leur transmet un document d'aide visant à élaborer une manipulation pour les tester. Une synthèse de l'analyse des hypothèses élaborée par le formateur est fournie aux PES. Ce document organise les hypothèses selon trois catégories: celles mettant en œuvre une explication animiste, celles mettant en relation des éléments théoriques issus de l'optique à propos des conditions de visibilité d'un objet et enfin celles mettant en relation des éléments théoriques issus de l'optique et de la mécanique.	Séance 2 À partir des documents transmis par les PES, chaque groupe d'élèves rend compte par écrit de la manipulation imaginée pour tester leurs hypothèses. Ce document est ensuite commenté par la PE.	Savoirs pratiques Il sont construits collectivement et validés par le formateur: une cartographie des représentations courantes des élèves en lien avec les connaissances visées est élaborée. Savoirs scientifiques didactiques En lien avec la modélisation ils sont mobilisés pour concevoir le document d'aide transmis aux élèves
TD5 Chaque groupe de PES analyse les documents reçus puis les commente avec des éventuelles remarques, étayages, corrections... avant de les transmettre aux élèves. En prenant appui sur les éléments théoriques du TD2, ils analysent les productions des élèves en termes d'activités de modélisation et prévoient des aides pour permettre aux élèves de construire des liens entre le monde des objets et des événements et celui des théories.		Savoirs pratiques Ils sont donnés à voir à travers les commentaires de l'enseignante. Des savoirs appliqués Les PES mobilisent les savoirs scientifiques liés aux activités de modélisation pour analyser les productions des élèves. Savoirs scientifiques didactiques En lien avec la modélisation ils sont mobilisés pour penser le dispositif didactique proposé aux élèves.



	Séance 3 Les élèves rectifient avec la PE si besoin la manipulation prévue avant de la mettre en œuvre. Chaque groupe d'élèves réalise la manipulation en commentant les résultats. Chaque groupe est filmé.	
TD6 Chaque groupe de PES analyse le film rendant compte du travail effectué par le groupe d'élèves suivi. (Analyse du discours des élèves en lien avec les activités de modélisation en prenant appui sur la théorie des deux mondes explicitée dans le TD2 (Tiberghien, Bécu-Robinault). Une mise en commun, ainsi que la validation du formateur permettent de dégager les éléments didactiques importants en lien avec la démarche.		Savoirs appliqués Les savoirs scientifiques en lien avec la modélisation sont mobilisés pour analyser une nouvelle situation pratique Savoirs appliqués Les savoirs scientifiques mettant en lien démarche et nature des savoirs sont illustrés à travers une nouvelle situation pratique. Savoirs pratiques Ils sont construits collectivement à travers l'analyse des situations de classe.
	Séance 4 Mise en commun Structuration des connaissances	

Conclusion-discussion

Donner à voir aux PES des savoirs scientifiques issus d'une recherche tout en s'appuyant sur des hypothèses théoriques concernant la formation implique de mettre en circulation dans le dispositif de formation d'autres types de savoirs que ceux sélectionnés et donc principalement visés. En effet, les principes théoriques liés à la formation mais aussi les recommandations institutionnelles incitent le formateur à faire circuler des savoirs scientifiques et des savoirs pratiques. Cette mise en discussion est, à notre avis, la condition nécessaire pour rendre les savoirs scientifiques intelligibles et utiles pour les formés. Conformément aux écrits de Garnier (2008), nous pensons qu'en observant les élèves en train d'apprendre, les PES voient s'opérationnaliser non seulement le savoir scientifique disciplinaire transposé à la classe mais aussi le savoir scientifique issu de recherches en didactique. Cette opérationnalisation est possible du fait que la dynamique de l'espace d'intéressement a permis une remise en question de pratiques enseignantes et ainsi à initier le processus de traduction des savoirs scientifiques en savoirs appliqués. Le constat des PES de la capacité des élèves à intégrer des savoirs disciplinaires lorsque les conditions didactiques sont réunies a montré que ces savoirs scientifiques étaient opérationnels. De notre point de vue, la réflexion suscitée à l'égard de l'épistémologie pratique des professeurs constitue un élément clef de cette formation. Les situations proposées ont permis de discuter de la pertinence des raisonnements à associer aux connaissances visées et ainsi d'interroger la pertinence de la démarche d'investigation : le raisonnement hypothético-déductif sur lequel elle s'appuie n'est pas adapté à tous les savoirs scientifiques à enseigner à l'école primaire¹². Toutefois, nous avons perçu chez certains des PES des difficultés à cerner le problème posé lors du TD1. Nous pensons que la formation aurait pu inclure des situations concrètes à faire vivre aux PES

12. Le modèle hypothético-déductif de la démarche d'investigation « peut se révéler pertinent (...) lorsqu'il s'agit d'étudier un phénomène, ses conditions d'apparition, les variables dont il s'agit, ou d'en donner une interprétation, une explication... » (Mathé, 2010, p.32).



(avec une posture d'élèves) et nécessitant différents types de raisonnements et de démarches. Ainsi la remise en question des pratiques enseignantes, condition nécessaire pour rendre possible le processus d'opérationnalisation des savoirs, aurait pu découler plus naturellement du vécu des PES. La carte conceptuelle, support de l'analyse *a priori* des savoirs enjeu, fournit une autre piste intéressante de formation. En effet, comprendre l'imbrication des savoirs les uns par rapport aux autres permet de prendre conscience des postulats nécessaires à l'élaboration des connaissances visées et aux expérimentations envisagées. Superposer à ces cartes conceptuelles les niveaux de modélisation serait une piste d'amélioration possible. Enfin, l'introduction des savoirs scientifiques liés au rôle des activités de modélisation dans l'apprentissage est le second élément clef de la formation. En effet, ces savoirs ont permis aux PES non seulement une analyse de situations réelles de classe mais aussi de proposer des situations nouvelles pertinentes. Les PES ont pu ainsi se rendre compte de l'opérationnalité de ces savoirs.

De plus, il nous semble que les principes théoriques sur lesquels nous avons fondé notre formation n'ont pas seulement permis aux PES d'accéder aux savoirs scientifiques visés. En effet, nous faisons l'hypothèse que la structure de la formation proposée ayant permis une construction active des savoirs par les PES pourrait être transposée à la classe par isomorphisme.

La professeure des écoles associée au dispositif se réjouit de cette collaboration qu'elle qualifie d'enrichissante d'un point de vue de sa propre réflexion didactique mais aussi du point de vue des élèves puisque les évaluations attestent d'une très bonne compréhension du phénomène étudié. De plus, elle précise que cette collaboration a été une source incontestable de motivation pour les élèves.

Enfin, même si nous avons eu de très bons retours de la part des PES, le bilan n'est pas unanime. La majorité des PES dit avoir apprécié l'ancrage du module avec le terrain ce qui lui a permis de mieux comprendre le rôle de la didactique. Toutefois, d'autres PES le regrettent et auraient préféré à la fois plus d'apports théoriques mais surtout plus d'exemples de mises en œuvre de façon à traiter davantage de points du programme dans le temps imparti. En effet, ces derniers se sentent désormais outillés pour aborder la partie du programme en lien avec l'astronomie mais ne se sentent pas encore capables de transférer les savoirs ainsi construits à d'autres domaines des sciences. À ce stade de leur formation, les PES semblent demandeurs de « recettes » pour la classe, avec par exemple des fiches de préparation en lien avec différents domaines du programme !



Références

- Altet, M. (1994). La formation professionnelle des enseignants. Paris, France. PUF.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. Dans P. Delattre et M. Thellier (dir.), *Élaboration et justification des modèles. Application en biologie*. (vol. 1, p. 3-19). Paris, France : Maloine S.A.
- Bécu-Robinault, K. (2018). Analyse des interactions en classe de physique. Le geste, la parole et l'écrit. Paris, France : L'Harmattan.
- Bécu-Robinault K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. Dans Gentaz E. et Dessus P. (dir.), *Comprendre les apprentissages, sciences cognitives et éducation* (p. 117-132). Paris, France : Dunod.
- Boilevin, J.-M. et Dumas-Carrée, A. (2001). Un modèle d'activité de résolution de problèmes de physique en formation initiale d'enseignants. *Aster*, 32, 63-90.
- Boivin-Delpieu, G. (2015). *Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la lune au cycle 3* (Thèse de doctorat). Université Lyon 1, Lyon, France.
- Boivin-Delpieu, G. et Bécu-Robinault, K. (2015). Influence des postures épistémologiques sur l'action professorale : les phases de la lune au cycle 3. *RDST*, 12, 25-58.
- Bunge, M. (1975). Philosophie de la physique. Paris, France : Editions du Seuil.
- Calmettes, B. et Matheron, Y. (2015). Les démarches d'investigation : utopies, mythes ou réalités ? *REE*, 21, 3-11.
- Collectif Didactique pour enseigner. (2019). Didactique pour enseigner. Rennes, France : Presses universitaires de Rennes.
- Coquidé, M., Fortin, C. et Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78.
- Derouet, J.-L. (2002). Du transfert à la circulation des savoirs et à la reproblématisation. De la circulation des savoirs à la constitution d'un forum hybride et de pôles de compétences. Un itinéraire de recherche. *Recherche et formation*, 40, 13-25.
- Garnier, B. (2008). Circulation des savoirs entre universitaires et pédagogues dans une situation d'accompagnement. *Recherche et formation*, 57, 115-128.
- Giordan, A. (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. *Recherche et formation*, 7, 35-46.
- Johnsua, S. et Dupin, J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris, France : PUF.
- Lemeignan, G. et Weil-Barais, A. (1993). Construire des concepts en physique. Paris, France : Hachette.
- Martinand, J.-L. (1994). La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants. *Aster*, 19, 61-76.
- Mathé, S. (2010). La « démarche d'investigation » dans les collèges français - Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants (Thèse de doctorat en sciences de l'éducation). Université Paris-Diderot, Paris VII, France.
- Paquay, L., Altet, M., Charlier, E. et Perrenoud, P. (2001). Former des enseignants-professionnels : trois ensembles de questions. Dans Paquay L. (dir.), *Former des enseignants professionnels* (p. 13-26). Bruxelles, Belgique : De Boeck Université.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H et Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles, Belgique : Union européenne : direction générale de la recherche Science, économie et société.
- Rojat, D. (2010). *Démarche d'investigation, ressources, travail collectif*. Communiqué présenté aux Journées DIES, Lyon, France. Repéré à <http://www.inrp.fr/dies2010>
- Rolland, J.-M. (2006). L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire. Rapport d'information déposé par la commission des affaires culturelles de l'Assemblée nationale.
- Roux-Paties, I. (2014). La professionnalisation des professeurs des écoles comme experts de l'enseignement-apprentissage : discours et pratiques des professeurs des écoles débutants (Thèse de doctorat en sciences de l'éducation). Université de Bordeaux, Bordeaux, France.
- Saint Georges, M. (1998) Formation des professeurs de sciences physiques par la didactique. *Didaskalia*, 13, 57-80.
- Sensevy, G. (2011). Le sens du savoir, éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique. Bruxelles, Belgique : De Boeck.



- Tiberghien, A. (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique des sciences physiques. *Recherches en éducation*, 29, 72-87.
- Venturini, P. (2016). Préface. In Marlot, C., Morge, L. L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire. PUR
- Walliser, B. (1977). Systèmes et Modèles, Introduction à l'Analyse de Systèmes. Paris : Edition du Seuil.