



**Etude de l'impact d'un parcours de formation sur les
apprentissages des élèves et les connaissances et
pratiques d'enseignants du 1er degré en sciences.
Réflexions sur les modèles de formation.**

Valérie Munier, Manuel Bächtold, David Cross, Céline Lepareur,, Karine
Molvinger

► **To cite this version:**

Valérie Munier, Manuel Bächtold, David Cross, Céline Lepareur,, Karine Molvinger. Etude de l'impact d'un parcours de formation sur les apprentissages des élèves et les connaissances et pratiques d'enseignants du 1er degré en sciences. Réflexions sur les modèles de formation.. Les 11è rencontres scientifiques de l'ARDIST, Marie-Noëlle Hindryckx; Corentin Poffé, Mar 2021, Bruxelles, Belgique. pp.279-289. hal-03799214

HAL Id: hal-03799214

<https://hal.science/hal-03799214>

Submitted on 5 Oct 2022

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

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

ETUDE DE L'IMPACT D'UN PARCOURS DE FORMATION SUR LES APPRENTISSAGES DES ÉLÈVES ET LES CONNAISSANCES ET PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DU 1ER DEGRÉ EN SCIENCES RÉFLEXIONS SUR LES MODÈLES DE FORMATION

Valérie Munier¹, Manuel Bächtold¹, David Cross¹, Céline Lepareur¹, Karine Molvinger¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF)

Université de Montpellier, Université Paul Valéry - Montpellier III

Résumé : Dans cette communication, nous présentons tout d'abord les résultats d'une étude croisée associant didacticiens des sciences, psychologues et économistes de l'éducation, menée dans le cadre du projet ANR FORMSCIENCES. Ce projet vise à étudier l'impact d'un parcours de formation adressé à des enseignants du 1er degré en poste, sur leurs pratiques et sur les apprentissages des élèves et leur goût pour les sciences. Nous présentons succinctement le protocole de recherche, associant analyses qualitatives et quantitatives, les outils théoriques et méthodologiques développés pour caractériser les formations et interpréter les liens entre formation, connaissances et pratiques des enseignants et les résultats de ces analyses. Ces analyses nous permettent d'une part, de proposer des éléments d'explication des effets limités du parcours de formation étudié, d'autre part, de questionner les hypothèses qui sous-tendent ce parcours et plus généralement, de dégager des pistes de réflexion sur les modèles de formation des enseignants en sciences.

Mots-clés : formation, pratiques, connaissances, vision des sciences, école élémentaire

IMPACT OF A TEACHER TRAINING PROGRAM ON STUDENTS' LEARNING AND ON ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS' KNOWLEDGE AND PRACTICES IN SCIENCE SOME CONSIDERATIONS ON TRAINING MODELS

Abstract : In this communication we first present the results of a cross-study (project ANR FORMSCIENCES) involving science education researchers, psychologists and economists of education. This project aims at studying the impact of a teacher training program on elementary school teachers' practices and on students' learning and motivation for science. We briefly present the research protocol, combining qualitative and quantitative analysis, the theoretical and methodological tools developed to characterize the training program and to interpret the links between training, teachers' knowledge and practices. We then present the results of these analysis. They enable us to explain the limited effects of the studied training program, and to question the hypotheses underlying this program. More generally we discuss the models of science teacher training.

Keywords : Formation, Teaching Practices, Knowledge, View of Science, Elementary School

INTRODUCTION

Nous présentons, dans un premier temps, les résultats principaux du projet ANR FORMS-CIENCES¹. Il s'agit d'un projet de recherche interdisciplinaire, associant des chercheurs en didactique des sciences (les auteurs de cet article), psychologie des apprentissages² et économie de l'éducation³, visant à évaluer l'impact d'un parcours de formation à un enseignement des sciences fondé sur l'investigation sur les pratiques des enseignants et, in fine, sur les apprentissages des élèves et leur goût pour les sciences. Ce parcours, destiné à des enseignants du 1er degré en poste, a été élaboré et piloté par la Fondation La Main à la pâte dans le cadre de ses Maisons pour la science, indépendamment des chercheurs impliqués dans la recherche. Au-delà de l'étude de l'impact de ce dispositif spécifique, il s'agit de mieux comprendre les mécanismes par lesquels une formation fait évoluer les pratiques des enseignants et, le cas échéant, comment cette évolution influe sur les apprentissages des élèves. Nous tentons de donner une vision globale du protocole de recherche et des analyses réalisées, en précisant rapidement nos ancrages théoriques et nos choix méthodologiques. Nous présentons ensuite les résultats principaux de l'étude dont certains ont été publiés à des étapes intermédiaires de la recherche. Il s'agit ici de les mettre en perspective et de présenter l'ensemble des résultats obtenus à l'issue du projet. Dans un second temps, nous discutons les résultats de cette étude et les hypothèses qui sous-tendent cette formation et, plus généralement, nous proposons des éléments de discussion sur les modèles de formation des enseignants.

PROTOCOLE DE L'ÉTUDE

Cette étude articule deux échelles en croisant une étude qualitative, reposant sur le suivi de huit enseignants et une étude quantitative, reposant sur la comparaison statistique, sur plusieurs années, de l'ensemble des classes des enseignants engagés dans le protocole de recherche, qu'ils bénéficient de la formation ou non. La temporalité des différents recueils est présentée en figure 1.

L'étude quantitative concerne trois Maisons pour la Science. 134 enseignants de CE2, CM1 et CM2, volontaires pour participer au projet, ont été répartis par tirage au sort en deux groupes : un groupe test qui a suivi la formation et un groupe témoin qui ne l'a pas suivie. Les deux groupes d'enseignants et leurs élèves (2500 environ, chaque année) ont été interrogés en début et en fin d'année pendant deux ans, par le biais de questionnaires développés dans le cadre du projet. Les élèves ont été testés sur tablettes par des enquêteurs du projet sur leur motivation pour la science, leur vision des sciences (VOS) et leurs compétences et connaissances en sciences. Les enseignants ont été interrogés sur leur formation initiale et leur carrière (Q0), leurs pratiques déclarées d'enseignement des sciences et leurs connaissances sur l'enseignement des sciences (Q1) et leur VOS (Q2). Nous expliciterons les raisons de ces choix plus loin.

L'étude qualitative a concerné deux maisons. Les formations y ont été filmées intégralement et quatre enseignants ont été suivis dans chaque maison. Des séquences de sciences ont été filmées dans les classes avant la formation, à plusieurs reprises en cours de formation et l'année suivant la fin de la formation. Le corpus pour cette étude qualitative comprend plus de 150h

1 Ce projet, porté par M. Gurgand, a été financé par l'Agence nationale de la Recherche dans le cadre de la convention ANR-13-APPR-0004-02.

2 H. Djeriouat et A. Tricot, CLEE, université de Toulouse

3 S. Bellue, A. Bouguen et M. Gurgand, Ecole d'économie de Paris

de vidéos. Des entretiens complémentaires ont également été menés avec trois enseignants à l'issue de la formation. Pour la cohorte 1, le protocole est schématisé ci-dessous (Fig. 1) ; il est en partie décalé pour la cohorte 2.

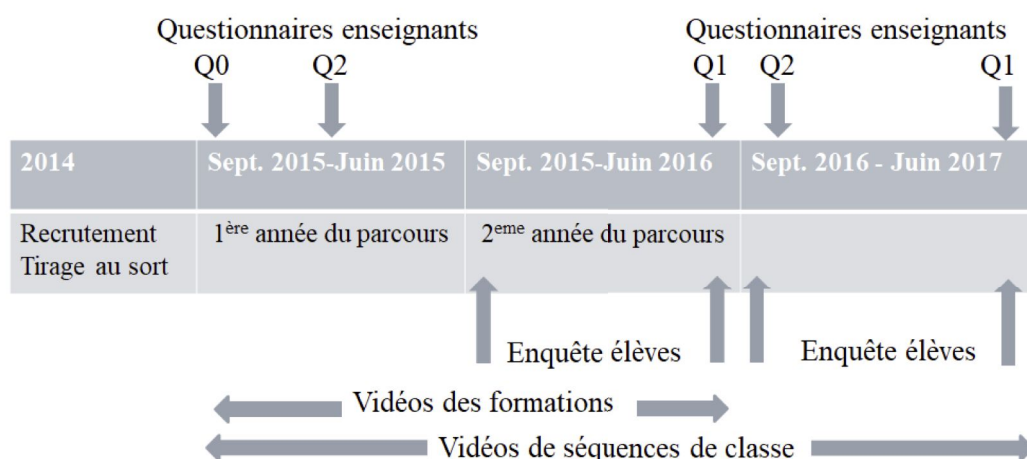


Figure 1. : protocole de recherche

Le parcours étudié comprend 80 heures de formation réparties sur deux ans. Il est composé de plusieurs modules thématiques d'une ou deux journées et d'un dernier module dédié à la démarche d'investigation (DI). À la suite de certains modules, les enseignants sont accompagnés pour mettre en œuvre dans leurs classes des séquences sur les thématiques travaillées (par exemple, les machines simples, le bois). L'organisation d'une des deux formations ayant fait l'objet d'une analyse qualitative, est présentée en annexe 1 à titre d'exemple.

CADRE THÉORIQUE

Nous sommes partis de l'hypothèse, largement partagée, que les pratiques enseignantes mettent en jeu des connaissances, notamment des connaissances didactiques, susceptibles d'avoir un effet sur les apprentissages disciplinaires des élèves (van Driel *et al.*, 1998). Nous nous sommes donc inscrits dans le cadre des Pedagogical Content Knowledge, appelées dans la suite PCK (Shulman, 1986). Pour caractériser ces PCK, nous avons utilisé le modèle de Magnusson (1999), complété avec les travaux de Friedrichsen *et al.* (2011). Cela nous a amenés à considérer les composantes de PCK suivantes, présentées dans la figure 2 : connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, sur l'évaluation, sur le curriculum (en distinguant ce qui relève des programmes et du matériel), ces quatre composantes étant chapeautées par une composante « orientation pour l'enseignement des sciences », comprenant les conceptions sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences, sur la nature des sciences et sur les buts et finalités de l'enseignement des sciences.

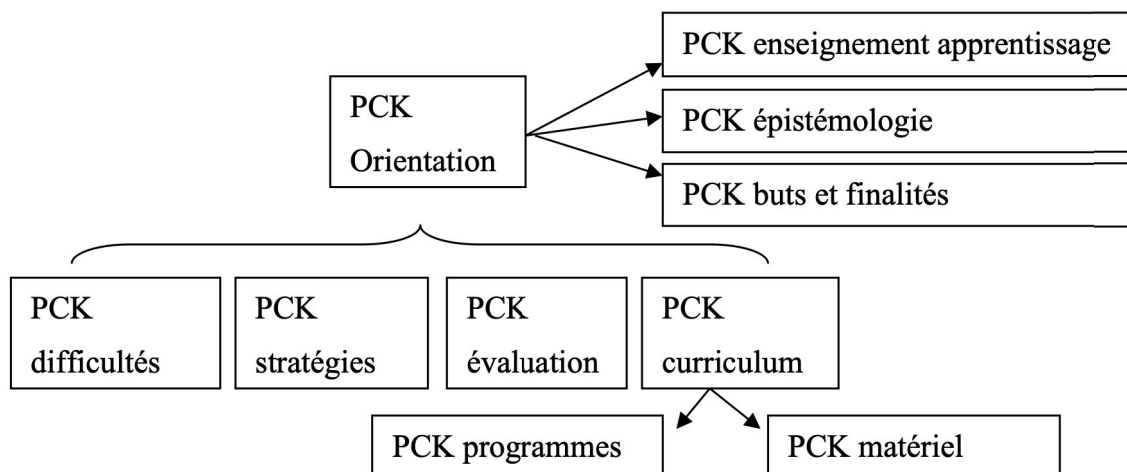


Figure 2. : catégorisation des PCK retenue pour l'analyse

RÉSULTATS

ETUDE QUANTITATIVE

La comparaison des groupes tests et témoins ne permet pas de mettre en évidence de différence significative entre les enseignants des deux groupes, ni sur les pratiques déclarées des enseignants (à l'exception du temps hebdomadaire d'enseignement des sciences qui augmente légèrement), ni sur leurs connaissances sur l'enseignement des sciences et leur VOS. Nous n'observons pas non plus d'effet sur les performances des élèves, qu'il s'agisse des connaissances, des compétences ou de leur VOS, ni sur leur goût pour les sciences. Les analyses quantitatives montrent donc des effets très limités, pour les élèves comme pour les enseignants. En revanche, les enseignants se déclarent très satisfaits de la formation.

ETUDE QUALITATIVE

Cette étude vise à décrire et analyser les formations pour tenter d'expliquer leurs effets éventuels sur les pratiques des enseignants et les apprentissages des élèves.

RÉSULTATS CONCERNANT LES PRATIQUES DES ENSEIGNANTS

Deux études des mises en œuvre de situations travaillées en formation par quatre enseignants ont été réalisées (l'étude détaillée d'une des deux est présentée dans Chesnais *et al.*, 2017). Dans cette étude, nous avons utilisé le cadre des PCK présenté ci-dessus, en croisant un point de vue interne et un point de vue externe, c'est-à-dire en étudiant les pratiques d'une part, en référence aux objectifs de la formation et, d'autre part, sur la base de critères issus des résultats de la recherche en didactique des sciences. Nous avons identifié des connaissances visées par la formation (par exemple, des PCK explicitées par les formateurs ou faisant l'objet de situations de formation proposées aux enseignants) et nous en avons cherché des traces dans les situations mises en œuvre par les enseignants en classe. Nous avons également analysé la mise en œuvre de ces situations par les enseignants dans leurs classes en termes de PCK, puis nous sommes remontés à la formation pour y chercher des éléments permettant d'expliquer nos observations. Enfin, nous avons choisi des éléments dont notre arrière-plan didactique nous permet de dire qu'ils sont déterminants dans les apprentissages des élèves et qui pourraient/

devraient faire partie de ce qui est visé et nous avons tenté de mettre en relation ce qui est fait dans les séquences et ce qui a été travaillé en formation sur ce point (par exemple, l'émission d'hypothèses).

Nos analyses montrent une grande variabilité de mise en œuvre, avec des adaptations des activités proposées en formation parfois non pertinentes en termes de potentiel d'apprentissage. Notons par ailleurs que, si les situations travaillées en formation sont effectivement mises en œuvre dans les classes lorsque les enseignants sont accompagnés, elles le sont très peu les années suivantes.

Nous avons également filmé, chaque fois que cela a été possible, des séquences portant sur le même thème, avant et après la formation. Les analyses de ces séances, notamment en ce qui concerne la mise en œuvre de démarches d'investigation (e.g. présence ou non des différentes étapes, articulation de ces étapes, discours sur la démarche) montrent peu d'évolution et/ou des évolutions non nécessairement pertinentes en termes d'apprentissages, par exemple une diminution du nombre de manipulations des élèves ou des problèmes de cohérence des séquences.

Les conditions de formation ne suffisent donc pas à garantir un effet « positif » uniforme et déterminant sur les pratiques des enseignants, les analyses réalisées montrant d'une façon générale des effets limités, confirmant ainsi les résultats de l'étude quantitative. Notons que les enseignants interviewés plus d'un an après la fin de la formation, considèrent eux-mêmes que le parcours n'a pas ou peu fait évoluer leurs pratiques.

VISION DES SCIENCES DES ENSEIGNANTS

Un volet de l'étude concerne plus spécifiquement le lien entre VOS et pratiques des enseignants, dans la mesure où il s'agit d'un élément mis en avant par La main à la pâte. Le questionnaire Q2, que nous avons élaboré et validé (Munier *et al.*, 2016, Bächtold *et al.* 2019), nous a permis de mettre en évidence une très faible évolution de la VOS des enseignants formés. Les analyses qualitatives des formations nous permettent de proposer plusieurs éléments d'explication : d'une part, les scientifiques qui interviennent dans les formations donnent parfois à voir leurs pratiques scientifiques et leur méthodologie, mais cela n'est pas systématique ; d'autre part, les questions épistémologiques sont très peu discutées explicitement et la manière de les aborder en classe est rarement abordée. Or, la littérature pointe la complexité du lien entre VOS et pratiques et la nécessité d'inclure des éléments explicites d'épistémologie dans les formations pour développer la VOS (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Une étude des liens entre VOS et pratiques a été menée en mettant en regard les réponses des quatre enseignants suivis et l'analyse des données vidéo recueillies dans leurs classes. Elle a montré que, si pour certains points d'épistémologie et certains enseignants, on observe une cohérence entre la VOS et les pratiques, cela n'est pas du tout systématique, et que lorsqu'il y a cohérence, on ne peut conclure que l'un influence ou non l'autre, dans la mesure où il y a potentiellement d'autres déterminants des pratiques qui interviennent (Munier *et al.*, 2016). Par exemple, le fait qu'un enseignant conscient de l'ancrage empirique des sciences (au moins dans certains contextes) fasse manipuler les élèves peut également s'expliquer par le fait que les manipulations sont fortement prescrites par les instructions.

ANALYSES DES FORMATIONS

Pour étudier l'impact du parcours de formation sur les pratiques, nous avons considéré qu'il était nécessaire non seulement, de regarder les PCK en jeu dans la formation mais également, de penser leur potentiel d'action sur les pratiques. Pour cela, avons articulé (Lepareur *et al.*, soumis) le modèle des PCK avec celui de la théorie de l'activité (Engeström, 1999).

Sur le plan méthodologique, les vidéos des formations ont été intégralement transcrites puis nous avons identifié, dans un échantillon de formations, des épisodes de PCK, c'est-à-dire des interventions, des formateurs ou des enseignants, dans lesquelles des PCK étaient explicitées. Pour caractériser ces PCK, nous avons utilisé la catégorisation présentée plus haut. Ces PCK ont ensuite été analysées pour tenter de caractériser leur potentiel d'action sur les pratiques. Pour cela nous avons distingué d'une part, les PCK renvoyant à un contenu spécifique (par ex. mécanique, électricité) et les PCK concernant plus généralement l'enseignement des sciences, d'autre part, les PCK « non opérationnalisées » et « opérationnalisées », respectivement sans et en lien avec le système d'activité de l'enseignant en classe. À titre d'exemples, des extraits d'interventions de formateurs correspondant à des PCK codées selon ces deux critères sont donnés en annexe 2.

Les épisodes de PCK ont été codés et analysés systématiquement à l'aide du logiciel Transana. Des analyses statistiques ont permis de caractériser les formations, sur la base de ce codage et d'obtenir une cartographie des différentes formations. Sans rentrer dans le détail des analyses, nous en retenons ici quelques faits saillants et nous montrons comment ils permettent de comprendre l'effet très limité des formations étudiées sur les pratiques.

Certaines PCK, identifiées par la recherche comme particulièrement déterminantes des pratiques, sont très peu (voire pas) présentes dans les formations (PCK curriculum, buts et finalités et évaluation). Le fait, notamment, qu'il n'y ait pas de connaissance sur l'évaluation ne permet pas de doter les enseignants de moyens de rétroaction leur permettant de réguler leur action en classe. De façon plus globale, les analyses montrent que le parcours analysé est organisé essentiellement en termes de transmission de situations de classe et n'est pas structuré en termes de développement de connaissances : les formations sont organisées par domaine scientifique (SVT, physique, technologie) et par thème (machines, bois, etc.) et on ne peut pas identifier de progression, de répartition des PCK qui feraient apparaître une logique de développement de ces connaissances. Des PCK sont en jeu dans les formations mais plus de la moitié sont isolées, peu articulées, alors que la littérature montre l'importance de leur articulation, entre elles et avec d'autres types de connaissances, pour permettre une mise en œuvre efficace (van Driel *et al.*, 1998, Park & Chen, 2012). De plus elles ne sont pas institutionnalisées (sauf cas particulier).

La majorité des épisodes de PCK intègrent la composante stratégie, mais il s'agit essentiellement des stratégies des formateurs et elles sont présentées comme étant « les bonnes ». Quand les enseignants apportent des exemples issus de leurs pratiques, ils sont au mieux discutés, la plupart du temps ignorés et plus de la moitié des PCK ne sont pas opérationnalisées. La question des modalités de mise en œuvre concrète des situations proposées dans les formations est ainsi majoritairement à la charge des enseignants, ce qui peut expliquer la variabilité de l'appropriation par les enseignants des PCK en jeu dans les formations et des mises en œuvre très différentes en classe.

DISCUSSION

Pour conclure sur les résultats de ce projet, les résultats des études quantitative et qualitative montrent, un an après la fin de la formation, des effets limités de la formation sur les pratiques des enseignants et les apprentissages des élèves. Ces résultats sont cohérents avec la littérature qui montre que les programmes de formation des enseignants, mis en œuvre à grande échelle, n'ont le plus souvent pas d'effet détectable, ni sur les pratiques des enseignants, ni sur les performances des élèves (Fryer, 2017). Notons par ailleurs que les enseignants engagés dans le protocole enseignaient davantage les sciences et faisaient davantage manipuler les élèves que la moyenne, ce qui peut limiter les marges de progression. Enfin, une des limites de ce travail est que nous ne pouvons pas conclure sur d'éventuels effets à plus long terme, du fait de la temporalité du projet, même si nos analyses des formations ne laissent pas présager de telles évolutions.

Au-delà des résultats de l'étude de cette formation spécifique, ce projet nous a amenés à développer des outils théoriques et méthodologiques permettant de caractériser une formation et d'étudier ses effets sur les pratiques enseignantes. Les analyses réalisées nous ont permis de formuler des hypothèses pour expliquer les effets limités du parcours étudié et nous amènent à re-questionner certains de ses présupposés :

- le fait que l'intervention de chercheurs en sciences dites « dures » (physique, biologie...) suffise pour développer la VOS des enseignants et l'influence de cette VOS sur leurs pratiques ;
- le fait de penser les formations en termes de transmission de situation, sans prise en compte des pratiques effectives des enseignants, qui ne semble pas efficient du point de vue de l'évolution des connaissances et des pratiques des enseignants.

Plus généralement, cela pose la question de l'ingénierie de formation qui préside à l'organisation du parcours et du modèle de formation qui le sous-tend. Ici, le modèle de formation implicite semble être celui d'une formation par homologie (Houdement & Kuzniak, 1996), avec ajout de PCK « au fil de l'eau », mais sans modèle de la construction de ces PCK par les enseignants. Il semble ainsi y avoir une contradiction entre le modèle constructiviste de l'apprentissage des élèves, qui sous-tend l'IBST et celui qui semble sous-tendre le parcours de formation pour les enseignants, la reconstruction de la logique sous-jacente à l'activité du point de vue didactique étant à la charge des enseignants. Ce modèle de formation est également en « rupture » avec les modèles qui se développent dans les recherches en didactique avec les ingénieries didactiques de seconde génération (Perrin-Glorian & Bellemain, 2016), de type coopératives (Sensevy, 2011), ou encore dans les recherches qui considèrent qu'il faut penser en termes d'enrichissement plutôt que de transformation des pratiques, travailler avec les enseignants, partir de leurs pratiques, donnant ainsi une place essentielle aux pratiques effectives des enseignants (voir par exemple, Robert & Vivier, 2013).

Plus généralement, si beaucoup d'études considèrent que les objectifs d'une formation sont, entre autres, de développer les PCK des enseignants, la question de comment les développer de manière à faire évoluer les pratiques, qui est reliée à la manière dont on envisage les liens entre PCK et pratiques, ne sont pas toujours explicites dans la littérature sur les PCK, qui s'appuie souvent implicitement sur un modèle cognitiviste de l'enseignant. Or, notre étude montre bien que la question de la transférabilité de l'activité en formation à la classe est complexe. Il ne suffit pas de travailler/construire des « connaissances » en formation, il faut penser leur adaptation aux

situations de classe. Le croisement avec la théorie de l'activité que nous avons proposé ici, nous semble une piste pertinente pour comprendre ce qui se joue en formation et en classe. D'autres études récentes ont commencé à questionner les liens PCK/pratiques en mobilisant d'autres modèles de l'enseignant, mais il nous semble que cette question mérite d'être abordée de manière plus approfondie sur le plan théorique par la recherche en didactique et qu'il y a là un enjeu majeur, notamment dans le contexte actuel d'évolution de la formation des enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

- Bächtold, M., Cross, D. & Munier, V. (2019). How to Assess and Categorize Teachers' Views of Science? Two Methodological Issues. *Research In Science Education*, doi:10.1007/s11165-019-09904-x
- Chesnais, A., Cross, D. & Munier, V. (2017). Étudier l'effet de formations sur les pratiques en termes de connaissances : réflexion sur les liens entre connaissances et pratiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 15, 97-132.
- Engeström, Y. (1999). Activity Theory and transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 19-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedrichsen, P., Van Driel, J. H. & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376.
- Fryer Jr, R. G. (2017). The production of human capital in developed countries: Evidence from 196 randomized field experiments. In *Handbook of economic field experiments, volume 2* (pp. 95–322). Elsevier.
- Houdement, C. & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16 (3), 289-322.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Lepareur, C., Cross, D. & Munier, V. (soumis). *Characterizing a teacher professional development program combining: a theory activity and PCK approach*.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Munier, V., Bächtold, M., Cross, D., Martinez, L. & Molvinger, K. (2016). *Vision des sciences et pratiques des enseignants en sciences à l'école élémentaire : un lien complexe et dialectique*, 9èmes rencontres de l'ARDIST, 30 mars-1er avril 2016, Lens. <https://ardist2016lens.sciencesconf.org/82687/document>
- Park, S. & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Perrin-Glorian, M.-J. & Bellemain, P. M. B. (2016). L'ingénierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. In *Seminario Latino-Americano de Didática da Matemática-LADIMA* (pp. 1–51).
- Robert, A. & Vivier L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants

- du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs – quelle transposition ? *Éducation et Didactique*, 7 (2), 115-144.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir : éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4-14.
- Van Driel, J.H., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

ANNEXE 1: DESCRIPTION SUCCINCTE DU PARCOURS DE FORMATION MIS EN PLACE

DANS L'UNE DES MAISONS

Thème de la session	Durée	Organisation	Formateurs
Machines simples*	6h en présentiel, 2h d'accompagnement pédagogique et scientifique, 1h de préparation avec l'accompagnateur Présence de l'accompagnateur en classe pendant la séquence	Collectif et groupes	Un formateurs ESPE et un formateur de terrain + un accompagnateur ASTEP
Lumière / astronomie	12h en présentiel	Collectif et groupes	Un scientifique et un formateur ESPE
Objets techniques	6h en présentiel	Collectif et groupes	Un formateur ESPE
Bois	12h en présentiel + 2h d'accompagnement pédagogique et scientifique	Collectif et groupes	Un scientifique et un formateur de terrain
DI	3h	Collectif	Un formateur ESPE et un formateur de terrain

*déroulement de la journée de formation (à titre d'exemple) : après une première situation visant une remise à niveau disciplinaire, les enseignants sont mis en posture d'élèves pour trouver des techniques permettant d'ordonner les intensités des forces exercées par la Terre sur les objets puis pour étudier les effets de différentes machines simples (plan incliné, poulie, palan, levier).

ANNEXE 2

Exemple d'intervention d'un formateur correspondant à une PCK opérationnalisée renvoyant à un contenu spécifique

Nous le propos c'est de se dire quand même dans la classe il va falloir structurer des choses, stabiliser des choses dans la classe, récupérer une partie des productions des élèves pour pouvoir en discuter et se mettre d'accord au moins sur ce qu'on vient de dire là [...] ce qui nous invite à faire évoluer le questionnement, se dire bon ben qu'est-ce qui favorise, qu'est-ce qui facilite, quels sont les paramètres du dispositif c'est à dire qu'est-ce qu'on peut changer sur le plan incliné pour finalement minimiser encore l'effort [...]

Exemple d'intervention d'un formateur correspondant à une PCK non opérationnalisée concernant l'enseignement des sciences de manière générale

Bon je continue sur l'articulation avec la démarche d'investigation, l'idée c'était aussi d'organiser des phases de formulation dans un débat collectif, on en a déjà parlé, ça rejoint ce que je dis là aussi, les moments d'échanges, la question du débat dans l'investigation elle est relativement importante, c'est à dire qu'il s'agit à un moment donné qu'on puisse confronter les différents points de vue alors au début on va évidemment permettre les échanges pour que de l'interaction entre les individus puisse émerger les questions qui sont productives mais il y a bien aussi des moments quand les élèves font des hypothèses, par exemple qu'ils proposent des protocoles expérimentaux [...]