

**LES MATRICES MÉTHODOLOGIQUES, PROPOSITION D'UNE APPROCHE
MODÉLISANTE DE LA DIFFÉRENCE ENTRE SCIENCES ET ENSEIGNEMENT DES
SCIENCES. CONCEPTIONS DE PROFESSEURS DES ÉCOLES EN FORMATION
INITIALE.**

Frédéric Kapala

Université Claude Bernard Lyon 1
LEPS - LIRDHIST - Batiment la Pagode
38 BD Niels Bohr
69 622 VILLEURBANNE Cedex

IUFM de l'université de Franche-Comté
Site de Lons-le-Saunier
23 rue des écoles
39000 Lons-le-Saunier

frederic.kapala@gmail.com

Mots-clés : démarches, enseignement, sciences, didactique, épistémologie

Résumé. Un dispositif de fiches représentant les temps d'une démarche d'enseignement des sciences à l'école primaire et permettant de piloter les traces produites par les élèves est soumis à des professeurs des écoles stagiaires. L'explicitation des potentialités de cette ressource, couplée au recueil des représentations des enseignants stagiaires sur les démarches scientifiques et les démarches d'enseignement des sciences permet d'analyser les liens entre leur conception des démarches scientifiques et leur conception des démarches d'enseignement des sciences. Notre hypothèse de travail consiste alors à définir une problématique curriculaire au niveau des cadres théoriques au sein desquels se déploient respectivement démarches scientifiques et démarches d'enseignement des sciences ; elle intègre le projet d'une théorisation d'une approche normative des démarches d'investigation.

1. Cadre théorique

1.1 Contexte

Nous nous situons dans le cadre d'un travail « en profondeur » (préparation d'une thèse de doctorat en didactique des sciences) qui cherche à dépasser scientifiquement un certain nombre d'opinions classiques et de fausses évidences qui semblent avoir cours dans la communauté éducative. Le socioconstructivisme — en structurant une référence triple aux travaux de Piaget, Vygotski et Bachelard (Roletto, 1998 ; Astolfi et Develay, 2005) — fournit un cadre qui permet de penser les apprentissages des sciences. Pour s'assurer d'une réalisation efficace de ceux-ci dans ce cadre, il apparaît nécessaire de penser la distinction entre construction des sciences et mise en œuvre d'un enseignement des sciences, d'éclairer le rapport entre démarches scientifiques et démarches d'enseignement des sciences, à la fois dans la dimension curriculaire, mais aussi dans la dimension fonctionnelle de l'impact sur les démarches d'enseignement des conceptions que les enseignants ont de ce système (sciences – enseignement des sciences) et de ses éléments (finalités, valeurs, contenus, démarches, cadres théoriques de référence...).

Le contexte est aussi celui de la formation initiale et continue des enseignants du premier degré en France, de l'expérience acquise depuis le milieu des années 90 dans ce domaine et surtout des nombreuses questions que cette pratique de la formation des enseignants a pu soulever.

1.2 Sciences et enseignement des sciences

Deux pratiques distinctes (Bazan, 1993) — les sciences dans leur diversité et les enseignements diversifiés des diverses sciences (Coquidé et coll., 2009) — semblent souvent se confondre dans les admonestations à « faire des sciences pour apprendre les sciences » et dans la compréhension qu'en ont les enseignants. Cela risque de se faire aux dépens d'une réflexion sur la possibilité, les contraintes ou sur la forme d'une pratique scientifique dans le cadre scolaire et sur la valeur pédagogique et didactique de cette forme tant en ce qui concerne la construction des savoirs que l'appropriation des démarches et des valeurs (Favre et Rancoule, 1993).

Ce travail repose d'une part sur une analyse des pratiques de terrain d'enseignants du premier degré — pratiques d'élaborations des enseignements — qui doit donner accès aux cadres théoriques individuels — l'autodidactique de l'enseignant — qui les déterminent. Il repose d'autre part sur la proposition d'un cadre de référence, hypothèse de chercheur dont la validation repose sur sa capacité à unifier la diversité de ces pratiques, à leur donner sens et à en proposer des modalités d'évolution ou de diversification. On y accorde enfin une place importante à un dispositif permettant à l'enseignant d'anticiper et de gérer les traces que les élèves peuvent produire lors d'activités d'apprentissage des sciences dans le cadre scolaire.

1.3 Les matrices méthodologiques

Nous posons que, pour ce qui concerne l'enseignement des sciences à l'école primaire, la question ne peut pas se réduire à l'explicitation verticale d'une dépendance hiérarchique entre savoir savant, savoir à enseigner et savoir effectivement enseigné. S'écartant du modèle de la transposition didactique, jugé inapproprié en ce qui concerne la question du rôle et de la place des démarches scientifiques dans et pour l'enseignement des sciences, c'est le modèle des pratiques sociales de référence (Martinand, 1986, 2000, 2003) qui est convoqué. Dans le cadre d'une réflexion plus vaste sur la distinction entre démarche et méthode (Develay, 1989 ; Voizard, 2006), un rapprochement avec les concepts de matrice disciplinaire (Kuhn, 1983) et de matrice curriculaire (Lebeaume, 2000) nous invite à introduire le concept de *matrice méthodologique*.

Si on considère qu'une démarche est un chemin intellectuel et matériel, parcouru pour atteindre un but, résoudre un problème... se pose un certain nombre de questions. Chaque démarche vécue est singulière et complexe, et ne peut donc pas s'apparenter à la reproduction d'une méthode, à la soumission à un schéma méthodologique prédéterminé, même si la méthode guide le travail du praticien. La méthode apparaît comme un schéma de publication commun dont les codes sont compris par une communauté de pratiques. Elle doit permettre à ses membres de reconstruire les divers parcours de recherche exposés et répond à un souci d'homogénéisation et de communicabilité. Cette exposition méthodologique n'est que la partie émergée et policée d'un ensemble de règles et de valeurs implicites définies et partagées par les membres de cette communauté (Orlandi, 1991 ; Develay, 1989). L'invocation de règles méthodologiques n'a donc pas la même portée si elle vient d'un membre de la communauté, partie prenante du code, ou si elle vient d'un membre extérieur qui l'interprète en fonction des conceptions qu'il a des pratiques de cette communauté. Pour que les résultats qu'une démarche produit soient acceptés comme valides par une communauté, cette démarche doit répondre à un certain nombre de critères qui fondent l'unité de cette communauté. Le cadre conceptuel dans lequel les démarches propres à une communauté de pratiques se déploient doit donc être défini à un niveau supérieur à celui des méthodes publiées qui, pour indicatives qu'elles soient, ne peuvent prétendre au statut de concept générateur de ces démarches. Celui-ci doit intégrer des dimensions épistémologiques, sociologiques, déontologiques, axiologiques...

Là où une « méthode » figurerait le point commun des schémas de publication des pratiques — en une réduction impropre à donner à percevoir l'étendue de ces pratiques — une matrice méthodologique est le *concept générateur* (Tiberghien, 1989 ; Cassirer, 1977) au sein duquel toute démarche d'une pratique donnée peut se déployer. Il rassemble divers éléments qui le caractérisent et garantit les valeurs propres à chaque pratique considérée.

La matrice méthodologique des démarches scientifiques est distincte de la matrice méthodologique des démarches d'enseignement des sciences. La problématique de la place des démarches scientifiques à la fois objets d'enseignement mais aussi inspiratrices des démarches d'enseignement passe nécessairement par l'explicitation de cette distinction, et requiert l'identification, d'une matrice méthodologique à l'autre, de points communs, en particulier dans la dimension axiologique. Ces points communs ne s'inscrivent pas dans une dépendance hiérarchique mais traduisent plutôt le tribut payé à des concepts supérieurs qui déterminent leur parenté (socioconstructivisme, rationalité, statut de l'erreur, compétences, savoirs et connaissances¹...)

2. L'étude

2.1 Outils et procédures

L'étude réalisée consiste en une explicitation (Vermersch, 2006) par des enseignants en formation de leurs pratiques d'élaboration et de conduite de séquences relevant des sciences à l'école primaire. Cette explicitation permet de mettre en évidence les cadres théoriques de référence qui sous-tendent ces pratiques.

Un indicateur privilégié consiste à repérer les éléments de pilotage par le maître des traces que les élèves vont être amenés à produire. L'explicitation de ce pilotage passe par la critique a priori et la projection de l'utilisation d'un dispositif de fiches qui permettent de décomposer une démarche d'enseignement en « temps » relevant des dimensions scientifiques, pédagogiques, didactiques et langagières de l'activité proposée aux élèves. Ce dispositif dénommé CAST² (Cahier d'Activités Scientifiques et technologique), issu d'une recherche-action pilotée par l'INRP en 1998-2000, a évolué et servi au cours de dix dernières années dans le cadre de la formation des enseignants du premier degré. Il n'a pas vocation à être utilisé directement en classe avec les élèves mais permet de nourrir la réflexion de l'enseignant lors des phases d'élaboration des séquences d'enseignement. C'est bien l'impact métacognitif du dispositif sur l'enseignant qui est en question, et sa capacité à provoquer la conceptualisation dans un cadre faisant référence au modèle de la genèse instrumentale (Rabardel, 1999, 1995).

2.2 Recueil des données

Le travail qui est présenté repose sur une étude de cas qui concerne des stagiaires professeurs des écoles en formation dans un Institut Universitaire de Formation des Maîtres en France. Parmi les 29 stagiaires qui ont rempli un questionnaire, 5 ont accepté de se prêter à un entretien d'explicitation.

Une première partie du questionnaire, permet aux enseignants de se positionner par rapport aux démarches scientifiques et aux démarches d'enseignement des sciences. L'intérêt majeur de cette première partie du questionnaire réside dans l'appui qu'elle représente pour les entretiens d'explicitation ; l'explicitation porte alors sur deux « temps, » celui de la réponse au questionnaire et celui des pratiques personnelles qui permettent de justifier les réponses. Une seconde partie fait référence à l'appropriation et à la projection d'utilisation du dispositif CAST. Les réponses ouvertes sollicitées y font l'objet d'une analyse de contenu.

1. Compétences, savoirs et connaissances au sens de Jonnaert (2009).

2. Disponible à cette adresse : <http://gallery.me.com/fredkapala#100054>

2.3 Résultats

2.3.1 OHERIC « habillé »

Au-delà de la confusion des mots « démarche » et « méthode » dans leurs discours, les enseignants stagiaires ne semblent pas être en mesure, dans le contexte dans lequel nous les avons placés, de concevoir le caractère essentiel de cette distinction. Les pratiques de référence scientifiques comme les pratiques d'enseignement des sciences sont conçues comme des activités a priori ordonnées, balisées, imposées. L'imposition d'une « méthode scientifique » ne laisse en fait aucune place à la construction des critères de scientificité d'une démarche scientifique.

Les bénéfices attendus d'un « entraînement à la démarche scientifique » (Gil-Perez, 1993) semblent pâtir à la fois de l'idée que les enseignants se font d'une démarche aussi bien que de l'idée plus spécifique qu'ils se font des démarches scientifiques et au lieu de battre en brèche la « méthodologie du sens commun » cette revendication des pratiques des démarches scientifiques à l'école, passée au filtre des représentations des enseignants, semble avoir l'effet inverse. Ainsi, à côté de la question de la possibilité de construire, au sens du socioconstructivisme, les démarches scientifiques dans un cadre scolaire — ou plutôt les critères de scientificité ou mieux encore la matrice méthodologique des démarches scientifiques —, la question de l'efficacité de la construction des connaissances, dans le cadre d'une méthode imposée, se pose effectivement.

Par ailleurs, les cadres méthodologiques des démarches scientifiques à ceux des démarches d'enseignement des sciences sont confondus. Les réponses au questionnaire, les entretiens d'explicitation et les questions portant sur le dispositif « CAST » sont très convergents : le schéma méthodologique OHERIC (Astolfi, 1991 ; Orlandi, 1991 ; Giordan, 1978) semble bien constituer un cadre théorique dans lequel les enseignants sollicités peuvent penser conjointement l'activité scientifique et l'activité d'enseignement des sciences. Cette conception d'une unité revendiquée de matrice méthodologique semble relever de l'expérience scolaire et universitaire, et les messages de la formation professionnelle sont filtrés par cette conception pour y correspondre.

Il y a pourtant une évidente non correspondance entre la revendication du schéma méthodologique OHERIC comme cadre théorique des démarches d'enseignement des sciences et la description des séquences mises en œuvre. L'accommodation de cette incohérence se fait en « habillant » le noyau central méthodologique OHERIC de considérations pédagogiques et didactiques — en quantité et en qualité variables — qui permettent de tenir compte de ce que les enseignants ne peuvent ignorer, c'est-à-dire les élèves, le contexte matériel, les objectifs, la formulation et le statut des connaissances et enfin, le rôle et la place particulière du maître ! L'idée de transposition semble réduite à cette accommodation pour les enseignants stagiaires. Il a été choisi de qualifier cette conception de modèle OHERIC « habillé » dans la mesure où, pour décrire la réalité de la classe, les enseignants adaptent et procèdent par rajouts sur le schéma méthodologique qui semble rester le critère incontournable de scientificité et de rigueur des activités scolaires.

A minima, nous pourrions nous dire que le vocabulaire utilisé par les enseignants stagiaires importe peu si les dimensions didactiques et pédagogiques sont effectivement prises en compte dans les démarches d'enseignement des sciences. Le premier problème est que, d'une part, elles ne sont considérées que comme des préoccupations périphériques ou naturellement intégrées, et que, d'autre part, l'outillage conceptuel qui leur correspond est très mal maîtrisé. Elles ne peuvent alors pas participer en plein aux stratégies d'élaboration de séquences. Le second problème est que, réciproquement, cette focalisation sur la méthodologie scientifique finit par constituer un obstacle à la prise de conscience effective de la complexité de la structure des démarches d'enseignement pratiquées et de leur cahier des charges. La restriction de la palette conceptuelle dont les enseignants disposent pour évoquer leur pratique aux éléments de la méthodologie scientifique, éventuellement assortis de constatations triviales liées à la gestion de classe, apparaît alors comme un cercle vicieux.

2.3.2 Socioconstructivisme, patchwork épistémologique et didactique

Les enseignants stagiaires se réclament du modèle socioconstructiviste en ce qui concerne la construction des connaissances « notionnelles », sans qu'on sache précisément ce que cela recouvre. En ce qui concerne les « démarches scientifiques », le modèle est celui de l'imprégnation progressive par répétition. Sur ce point, le rôle attribué aux traces est assez explicite puisqu'il est largement restreint à celui de mémoire et de conduite.

Aussi bien Roletto (1998) que Pelissier et coll. (2007) remarquent l'incohérence des différentes conceptions épistémologiques qui coexistent chez les enseignants de sciences sujets de leurs études respectives. C'est l'extension de ce patchwork épistémologique à un « patchwork didactique » et leurs relations qui nous intéressent ici.

Nous avons noté la difficulté à trouver de la cohérence dans les justifications théoriques à un certain nombre de questions posées. L'absence de cohérence collective peut être à bon droit imputée au faible échantillon dont nous disposons. L'absence de cohérence individuelle quant à elle peut être mise en évidence à la fois dans l'articulation des réponses fournies à différentes questions, mais aussi par l'analyse des entretiens d'explicitation.

Le « patchwork didactique » caractérise l'autodidactique des enseignants du premier degré en formation initiale interviewés. Le constructivisme invoqué ne trouve pas les moyens de se déployer, la méthodologie scientifique fournissant l'occasion idéale de revenir à une directivité sécurisante et déculpabilisée par le fait qu'on ne manipule pas « à la place des élèves ». Les concepts qu'on pourrait considérer classiques de la didactique des sciences expérimentales (conceptions, obstacles, objectif-obstacle, niveaux de formulation, problématisation...) sont ignorés ou redéfinis pour justifier les pratiques. En revanche, les enseignants-stagiaires ont intégré un discours du « curriculum latent » de la formation invitant par exemple à considérer que « le maître n'impose pas » et attribuant à l'idée de « contrainte » une portée extrêmement négative.

2.3.3 Impact réflexif du dispositif

Attaquer le problème sous l'angle du pilotage des traces semble fournir des pistes intéressantes. Par rapport au dispositif que nous avons proposé aux enseignants stagiaires, nous avons pu constater que certaines potentialités étaient envisagées, relatives par exemple à la métacognition et à l'intégration de composantes pédagogiques et didactiques. Par ailleurs, l'activité d'explicitation semble avoir, elle aussi, produit certains effets qu'il serait intéressant d'étudier notamment dans le cadre de la formation.

3. Discussion

Les bénéfices attendus d'un « entraînement à la démarche scientifique » (Gil-Perez, 1993) semblent pâtir à la fois de l'idée que les enseignants se font des démarches scientifiques et de l'idée qu'ils se font de la possibilité de sa transposition à l'enseignement des sciences dans un cadre socioconstructiviste mal digéré. Au lieu de battre en brèche la « méthodologie du sens commun » cette revendication des pratiques des démarches scientifiques à l'école, passée au filtre des représentations des enseignants, semble avoir l'effet inverse et se traduit par une certaine « incohérence didactique » (Calmettes, 2009 ; Coquidé, 2009).

De nombreux travaux depuis la fin des années 80 s'intéressent aux conceptions épistémologiques des enseignants ou aux pratiques pédagogiques de ceux-ci (Gustafson et Rowell, 1995 ; Orlandi, 1991 et références suivantes du paragraphe). Gil-Perez (1993) note l'existence d'une même source socioconstructiviste aux pratiques scientifiques et aux pratiques pédagogiques pertinentes — qui ne justifie pas ontologiquement l'intérêt de la transposition des pratiques scientifiques en classe mais légitime la scénarisation scientifique des enseignements scientifiques. Des rapprochements sont établis entre les conceptions épistémologiques des enseignants, leurs pratiques pédagogiques (Flageul et Coquidé, 1999 ; Robardet, 1998 ; Lakin et Wellington, 1994) et leur posture (Favre, 2007). L'influence réciproque des unes sur les autres y est également discutée (Brickhouse, 1990 ;

Waters-Adam, 2006). L'ancrage « empirico-réaliste » des conceptions épistémologiques (Porlan-Ariza et coll., 1998) est dénoncé en tant qu'il prévient tout déploiement d'une épistémologie « souhaitable » au sein de la classe (Pelissier et coll., 2007). La cohérence constatée, voire le recouvrement, des conceptions épistémologiques et didactiques non conformes chez les enseignants ne semble pourtant pas être mise en perspective des effets négatifs que l'admonestation à « faire des sciences pour apprendre les sciences » aussi simpliste qu'essentiellement impossible à réaliser a pu avoir. La question reste bien à la fois celle des démarches scientifiques qu'un enseignant est en mesure de déployer en fonction des conceptions qu'il en a, mais aussi de ce que les démarches d'enseignement peuvent et doivent reprendre de celles-ci. Les recherches sur les « démarches d'investigation » — paradigme des démarches d'enseignement des sciences déployées dans un cadre socioconstructiviste — semblent se confiner à une modélisation, certes nécessaire, des pratiques réelles et disparates (Calmettes, 2009 ; Boilevin et Morge, 2008) sans toutefois pouvoir fournir un cadre théorique normatif indispensable à une formation initiale et continue tournée vers les compétences professionnelles requises pour la mise en œuvre de démarches d'enseignement des sciences, émancipées des pratiques de référence mais conscientes des tributs qu'elles leur doivent.

Un point important à considérer en ce qui concerne les matrices méthodologiques est que si la cohérence de la matrice méthodologique des démarches scientifiques est assurée par le caractère paritaire et nécessairement unitaire de son élaboration — les acteurs des pratiques scientifiques définissent les « règles de fonctionnement » qui les rattachent à la communauté scientifique —, il n'en va pas de même en ce qui concerne la matrice méthodologique des démarches d'enseignement des sciences écartelée, ou plutôt déclinée en au moins trois versions différentes selon que l'on se place du point de vue des responsables des programmes, du chercheur universitaire en didactique ou du praticien sur le terrain. La matrice méthodologique des démarches d'enseignement des sciences, qui devrait être un élément caractéristique d'une didactique, prend une forme particulière et située selon les conceptions individuelles de chaque praticien concerné — relatives aux sciences et à leur enseignement — et peut se confondre plus ou moins avec la conception qu'il a de la matrice méthodologique des démarches scientifiques. On comprend d'ailleurs pourquoi la question de l'assimilation d'une méthode ou d'un schéma méthodologique aux démarches même est cruciale et problématique. Il intervient à la fois dans les conceptions sur la science — ce que les pratiques scientifiques donnent à voir à la société via les publications — mais aussi dans les conceptions sur les critères de scientificité, et donc de « rigueur » et d'« évidence », tels qu'ils peuvent être transposés à l'enseignement et participer à l'entretien d'un cercle vicieux par les enseignements que les enseignants ont eux-mêmes subis (Désautels et coll., 1993).

À côté de la nécessité d'enseigner certains savoirs se pose la question de l'image de la science que l'enseignement contribue à construire. Plus que la focalisation sur des méthodes dont la justification, la valeur, le sens et l'utilité sont plus que discutables, il semble plus intéressant de suivre la voie de la construction de postures scientifiques développées par l'expérience de véritables démarches heuristiques, d'autant plus que cela semble concourir à l'établissement d'un climat de classe propice aux apprentissages et qui passe par un changement de conceptions de l'enseignant sur la portée et la valeur de la science et sur le statut de l'erreur (Favre, 2007).

Il semble enfin intéressant de développer des outils qui permettent d'envisager les démarches scientifiques et les démarches d'enseignement des sciences comme articulation de temps spécifiques à rattacher à leurs matrices méthodologiques respectives. Le rôle et la place des écrits produits en classe et pilotés par le maître semblent alors à considérer avec une attention particulière, en tant qu'ils permettent au maître de caractériser ses démarches d'enseignement et en tant qu'ils permettent à l'élève de caractériser certains éléments des démarches scientifiques dans un cadre métacognitif.

Deux questions se posent alors : celle de la possibilité de proposer un modèle d'enseignement socioconstructiviste des matrices méthodologiques scientifiques — pour ne pas dire des démarches

scientifiques — et, si on accepte qu'aucune démarche scientifique ne puisse se déployer hors du contexte défini par la matrice méthodologique des démarches scientifiques, celle de la possibilité du repérage au sein des démarches d'enseignement des sciences — qui réfèrent à une matrice méthodologique différente, mais pas totalement disjointe — d'éléments communs aux deux matrices méthodologiques.

Ces points de rencontre nous semblent d'ailleurs constituer les valeurs que devrait véhiculer l'enseignement des sciences et devoir servir de base à une réflexion curriculaire.

4. Références et bibliographie

- Astolfi, J.-P. (1991). Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences, l'exemple de la géologie à l'école élémentaire. *ASTER*, (13), 157-186.
- Astolfi, J., & Develay, M. (2005). *La didactique des sciences* (6 éd.). Que sais-je ? - PUF.
- Bazan, M. (1993). Modèles pédagogiques et recherche en didactique. *ASTER*, (16), 3-7.
- Boilevin, J., Morge L. et coll. (2008). *Séquences d'investigation en physique-chimie — collège-Lycée*. Scérén — CRDP Auvergne.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. *Spirale - Revue de Recherches en Éducation*, (43), 139-148.
- Cassirer, E. (1977). *Substance et fonction - éléments pour une théorie du concept*. Les éditions de minuit.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *ASTER*, (49), 51-78.
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., & Ruel, F. C. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, (1), 49-67.
- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *ASTER*, (8), 3-15.
- Favre, D. (2007). *Transformer la violence des élèves: cerveau, motivations et apprentissage*. Paris : Dunod.
- Favre, D., & Rancoule, Y. (1993). Peut-on décontextualiser la démarche scientifique ? *ASTER*, (16), 30-46.
- Flageul, R., & Coquidé, M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en oeuvre à l'école élémentaire. *ASTER*, (28), 33-54.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *ASTER*, (17), 41-64.
- Giordan, A. (1978) *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris : Centurion
- Gustafson, B. J., & Rowell, P. M. (1995). Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5), 589-605.
- Jonnaert, P. (2009). *Compétences et socioconstructivisme. Un cadre théorique*. Bruxelles : de Boeck
- Kuhn, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Champs Flammarion.
- Lakin, S., & Wellington, J. (1994). Qui enseignera l'épistémologie des sciences ? Conceptions d'enseignants sur la science et conséquences pour l'enseignement des sciences. *ASTER*, (19), 175-193.
- Lebeaume, J. (2000). *L'éducation technologique*. ESF éditeur.
- Martinand, J. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Peter Lang.
- Martinand, J. (2000). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. Dans A. Terrisse (sld), *Didactique des disciplines : Les références au savoir* (p. 17-24). De Boeck Université.
- Martinand, J. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 125-130.

- Orlandi, É. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale - Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de troisième. *ASTER*, (13), 111-132.
- Pelissier, L., Venturini, P., & Calmettes, B. (2007). L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement en seconde à la démarche d'investigation au collège. Dans *Actes des 3ièmes journées nationales inter-IUFM sur la recherche et la formation des enseignants en Épistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques, (ReForHST)* (p. 8-13). Caen.
- Porlan-Ariza, R., Garcia-Garcia, E., Rivero-Garcia, A., & Martin-del-Pozo, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *ASTER*, (26), 207-235.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes & les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin - Collection U.
- Rabardel, P. (1999). Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. Dans M. Bailleul (sld), *Actes de l'université d'été de l'A.R.D.M. « Évolution des pratiques des enseignants de mathématiques ; rôle des instruments informatiques et de l'écrit. Qu'apportent les recherches en didactique des mathématiques ? »*, Houlgate, 18-21 août 1999 (p. 203-213). Académie de Caen - Rectorat.
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *ASTER*, (26), 31-58.
- Robine, F. (2009). Réformer l'éducation scientifique : une prise de conscience mondiale. *Revue Internationale d'Éducation de Sèvres*, (51), 27-34.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants. *ASTER*, (26), 11-30.
- Tiberghien, A. (1989), La transposition didactique, cas de la physique, dans Arzac, G., Develay, M., & Tiberghien, A. (sld). *La transposition didactique, en mathématiques, en physique, en biologie*. IREM Académie de Lyon - LIRDIS.
- Vermersch, P. (2006). *L'entretien d'explicitation - nouvelle édition enrichie d'un glossaire*. ESF éditeur.
- Voizard, A. (2006). Article « Méthode ». Dans D. Lecourt (sld), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (p. 741-746). PUF.
- Waters-Adams, S. (2006). The Relationship between Understanding of the Nature of Science and Practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8).