



HAL
open science

Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme

Bernard Calmettes

► **To cite this version:**

Bernard Calmettes. Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme. Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme, Nov 2010, France. halshs-00551259

HAL Id: halshs-00551259

<https://shs.hal.science/halshs-00551259>

Submitted on 3 Jan 2011

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.

Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme

Bernard Calmettes

*Gridife ERT 64 IUFM de Toulouse, École Interne de l'Université de Toulouse 2
DiDiST-CREFI-T, Université de Toulouse
bernard.calmettes@toulouse.iufm.fr*

RÉSUMÉ. L'objectif général de la conférence est de replacer les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences (DIES) dans le contexte des recherches internationales puis de tenter de répondre aux questions : comment des enseignants mettent-ils actuellement en œuvre de manière « ordinaire » une démarche d'investigation et comment justifient-ils leurs pratiques ? Les études réalisées à ce jour montrent d'une part une certaine variabilité dans l'organisation des séances en classe, variétés interindividuelles (d'un enseignant à un autre) ou/et intra-individuelles (d'une classe à une autre).

Un cadre théorique d'origine pragmatique (philosophie et sociologie contemporaines) permet d'investir et d'analyser les discours des enseignants relativement au déroulement des situations et ainsi de comprendre ce qui fait sens à leurs actions en classe. Ce cadre théorique prend pour principes de base que ceux qui possèdent les compétences pour vivre et agir dans la classe sont les enseignants et qu'il convient de prendre au sérieux, et sans les juger ou les évaluer, les justifications qu'ils donnent de leurs pratiques. Le chercheur n'intervient donc qu'en deuxième temps pour modéliser ces justifications en regard de références utilisées de manière classique en didactique : épistémologie des sciences, gestion de l'étude en classe (que font et qu'enseignent les professeurs ? Que font et qu'apprennent les élèves ?), cadres institutionnels et instructions officielles. La modélisation de ces justifications constitue un « rapport pragmatique à l'enseigner » (RPE)

Les résultats montrent que les situations de DIES peuvent être considérées comme des compromis entre des intérêts perçus par l'enseignant pour lui et pour les élèves et des contraintes institutionnelles (durée des séances, poids de l'évaluation, enjeux liés aux contrats avec l'inspection pédagogique...).

MOTS-CLÉS : recherche sur l'éducation scientifique, démarche d'investigation pour l'enseignement des sciences, analyse pragmatique des pratiques, recherches comparatistes

KEYWORDS : research on science education, inquiry-based science education, pragmatism analysis of practice, comparative researches

Introduction

C'est évidemment un défi que d'ouvrir des journées d'étude portant sur les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences, et ce pour plusieurs raisons. D'abord, les démarches d'investigation peuvent encore, telles que définies ainsi dans les textes officiels, être qualifiées de *nouveauté* ; du moins au niveau du second cycle d'enseignement en France ; leur actualité est donc vivante et leur développement toujours en question. Ensuite, ces démarches semblent *déborder* aujourd'hui les disciplines scientifiques puisque certains rapports des IGEN disciplinaires évoquent des possibilités d'utilisation dans leurs disciplines, par exemple en histoire et géographie (MEN, 2005). Il y aurait alors nécessité de s'interroger sur les généralités de ces démarches et sur ses spécificités au regard des disciplines. Ces démarches ou leurs voisines, à l'étranger comme en France, sont très discutées, suivies par les institutions et les instances internationales. Il est possible de consulter par exemple à ce sujet quelques rapports européens (Eurydice, 2006 ; Hemmo, 2007) et américains (National Research Council, 2000). Enfin, les démarches d'investigation font l'objet de recherches dans les didactiques disciplinaires et en sciences de l'éducation.

C'est ce dernier point que je vais développer en présentant d'abord un tour d'horizon, non exhaustif, des questions vives abordées dans la recherche en éducation scientifique puis en abordant, à travers un exposé de quelques résultats relatifs à mes travaux, une de ces questions : comment les enseignants mettent en œuvre les démarches d'investigations en science dans leurs classes ?

1. Questions vives dans les recherches en didactique sur les DIES

J'ai notamment utilisé pour construire cette partie de mon exposé un ouvrage de référence, une version récente du *Handbook of research on science education* (Abell & Lederman, 2007), compilation d'articles dont les auteurs appartiennent à la communauté internationale. Cet ouvrage est dirigé par deux chercheurs depuis longtemps engagés dans les recherches sur les méthodes d'enseignement et sur l'apprentissage en sciences. J'ai choisi de présenter quelques questions vives à partir des caractéristiques des recherches : « sur » l'enseignement, « pour » l'enseignement, « sur », « pour » et « avec » l'enseignement.

1.1. Des recherches « sur » l'enseignement

Ces travaux portent sur les situations de classe et les pratiques des enseignants, sur les apprentissages des élèves, en cherchant à décrire, à comprendre, à produire du sens, à partir d'un outillage conceptuel préexistant et en prenant en compte les prescriptions officielles. C'est un regard des chercheurs sur les DIES.

1.1.1. Le caractère scientifique des DIES

Une des questions importantes abordées se rapporte au caractère scientifique des DIES et à l'éventuelle transposition d'éléments de pratiques de scientifiques. Je fais ici particulièrement référence à un article écrit de manière conjointe par des chercheurs étatsuniens et israéliens (Lunetta *et al.*, 2007). Les auteurs ont comparé les activités, les types de connaissances et les pratiques des chercheurs dans leur laboratoire, et les correspondants pour des élèves en classe de science, selon différents items. Je complète au fur et à mesure par des références à des travaux français et par des réflexions personnelles.

Il peut y avoir des problématiques communes au monde des chercheurs et à celui de la DIES, par exemple en ce qui concerne le caractère évolutif des connaissances, l'utilisation de processus expérimentaux, celle de documents qui peuvent même être quasi-identiques (images satellitaires, spectres d'étoiles), la mise en œuvre d'outils de simulation informatique, la *naturalisation* scientifique : construction d'un objet par abstraction du réel (chute sans frottement, conducteurs électriques sans résistance), la modélisation et ses limites, mais de nombreuses contraintes au niveau de l'enseignement rendent difficile une transposition, par exemple en ce qui concerne les recherches bibliographiques, les niveaux de formulation et de mathématisation, la nature des problèmes (recherche de pointe en laboratoire, travail sur des lois et des modèles généraux et simplifiés en classe) et la sophistication des moyens d'observation et de mesure.

Par ailleurs, l'activité d'investigation des élèves en milieu scolaire est :

- Très limitée dans le temps, structurée par la durée des séances (1 heure, 1 heure 30) ;
- Contrainte par des matériels spécifiques (didactisation) ;
- Contrainte par des programmes ;
- Généralisatrice rapidement : des lois à portée universelle sont formulées à partir de peu de cas expérimentaux ;
- Souvent linéaire voire partielle en France (MEN, 2007), le passage par tous les moments de la DIES n'étant pas systématique ;
- Aidée par l'enseignant (ostension, Bosch et Chevallard, 1999) ;
- Placée dans des relations sociales spécifiques : les relations entre professeur et élèves sont différentes de celles entre des chercheurs.

Les élèves découvrent un savoir préétabli alors qu'un chercheur ne sait même pas *a priori*, au début du processus de recherche, s'il va *trouver*, ni même ce qu'il va éventuellement inventer. De plus, la DIES est souvent structurée, au moins en partie par les procédés ostensifs, par des *indices* (phénomène étudié par le didacticien et épistémologue des sciences, Marc Zarrouati, [2009]) qui peuvent laisser penser que les activités pourraient être comparées à des enquêtes plutôt qu'à des recherches de scientifiques. L'indice a épistémologiquement, et dans le cadre scolaire, deux valeurs. D'une part, il indique que quelque chose ou quelqu'un a laissé des traces, une signature... et qu'il y a donc un *trésor* – la connaissance

scientifique – enfoui et qu'il faudrait le faire émerger, le faire (re)naître. Mais qui dans la nature étudiée par les scientifiques laisserait des traces ? La nature serait-elle pré-écrite et lisible à partir d'indices disséminés ? Ces indices préexistent-ils à une activité de scientifiques en laboratoire ? Non. Il convient également de noter que l'indice est réducteur du milieu didactique, et donc de la problématisation et de l'espace d'apprentissage. Dès lors, l'activité de laboratoire en contexte scolaire paraît trop limitée pour que les élèves puissent avoir réellement accès aux pratiques des scientifiques.

Lunetta *et al.* (2007) proposent alors de travailler avec les élèves, les savoirs scientifiques mais aussi des questions d'ordre historique et épistémologique : nature de la science, construction des savoirs, statut des modèles, de l'expérience et des théories.

1.1.2. L'engagement des élèves dans les activités, le poids de l'évaluation

L'engagement, la motivation et l'intérêt des élèves, le rapport à la physique en relation avec la question du genre sont étudiés en Allemagne par Duit *et al.* (2007). Leurs résultats indiquent que : « Parmi les disciplines scientifiques, la physique est clairement un domaine qui est perçu au plus bas niveau d'intérêt par les étudiants [...] C'est particulièrement vrai pour les filles. »

Les représentations des enseignants et des élèves sur la nature de la science, la science et ses *racines* (histoire, épistémologie, philosophie), la place de l'évaluation sont étudiés et mis en corrélation par Minner *et al.* (2009). Selon ces auteurs, « les stratégies des enseignants pour engager de manière active les étudiants dans le processus d'apprentissage à travers les investigations scientifiques ont essentiellement pour objectif la connaissance des concepts plutôt que celles des stratégies reposant sur la compréhension et l'utilisation de techniques [...] ; la connaissance des concepts étant souvent nécessaire pour l'évaluation standardisée qui plombe l'environnement de l'éducation ».

1.2. Des recherches « pour » l'enseignement

L'orientation de ces recherches est praxéologique. Elles peuvent avoir pour objectif de relever dans des situations évaluées comme efficaces un certain nombre de régularités à partir desquelles il pourrait être envisagé de reproduire des séances. De manière plus large, ces études peuvent viser les constructions et les productions des programmes, des standards, des curriculums.

Les questions vives ont trait à la formation des enseignants et aux décalages :

- Entre les préoccupations culturelles des sciences notamment véhiculées par les médias (Internet, programmes télévisés scientifiques, revues spécialisées) et les contenus abordés dans l'enseignement scientifique ;
- Entre les prescriptions institutionnelles et les séances en classe.

Et elles peuvent, dans certains pays – ceux où les résultats de la recherche sont pris en considération – conduire à des recommandations données aux décideurs.

1.3. Des recherches « sur », « pour » et « avec » l'enseignement

Certaines recherches peuvent viser la coproduction de séances d'investigation, c'est-à-dire à co-élaborer, « avec » enseignants et chercheurs en éducation ou/et en sciences (Panissal *et al.*, 2010), des séances de classe, à les mettre en œuvre (« pour ») et à les analyser (« sur »).

Ces travaux peuvent aussi avoir pour objectif de développer des concepts, des méthodologies, des théories didactiques. C'est dans ce cadre que je situe mes travaux actuels qui font l'objet de la suite de cette conférence.

2. Une analyse pragmatique de situations et de pratiques ordinaires

2.1. Des pratiques et des situations ordinaires

Les séances, les situations et les pratiques de DIES étudiées sont qualifiées ici d'*ordinaires* dans la mesure où à aucun moment le chercheur n'intervient dans la construction des dispositifs et dans les mises en œuvre en classe. Il ne s'agit pas de proposer en retour des activités pour la classe ou pour la formation.

Le but des recherches était, dans un premier temps, la caractérisation des DIES, en référence à des cadres épistémologiques (Comment on peut construire des concepts en classe ? Les DIES comme transposition didactique d'activités de scientifiques ?), de gestion de la classe (que font les enseignants et les élèves ?), de situations problèmes (relation au constructivisme et au socioconstructivisme).

2.2. Premiers résultats

Deux principaux constats ont été posés (Calmettes, 2009) :

- D'une part, il est possible de mettre en évidence une grande variabilité dans les déroulements des séances, variabilité interindividuelle, ou intra-individuelle lorsqu'un enseignant est censé répéter, d'un groupe à l'autre, la même séance ;

- D'autre part, l'observation montre des écarts entre les analyses a priori des didacticiens, les prescriptions institutionnelles, ce qui est prévu et ce qui est réalisé, avec notamment une extrême sensibilité voire une instabilité situationnelle face aux imprévus et incidents didactiques (Bénaïoun, 2009) : problème de matériel, conceptions erronées, hypothèses inattendues, etc.

Pour dépasser ces premiers constats, les travaux ont été réorientés de manière à comprendre plus précisément les jeux et les enjeux de pouvoir et de savoir en construisant un cadre théorique et méthodologique original.

2.3. Analyse pragmatique ; rapport pragmatique à l'enseigner

Le cadre théorique d'analyse est qualifié de *pragmatique* (Calmettes, 2011) car il repose sur des principes issus de la philosophie pragmatique (Cometti, 2010 ; Rorty, 1994) et de la sociologie pragmatique contemporaines (Boltanski et Thévenot, 1991). Ces principes, relativement à une étude des pratiques enseignantes, peuvent être déclinés ainsi :

- Ceux qui possèdent les compétences pour vivre et pour agir dans la classe sont les enseignants ;
- Les enseignants sont capables de justifier a posteriori, lors d'entretiens, ce qui s'est passé dans la classe, leurs actions, celles des élèves ;
- Le chercheur observe et analyse les séances de son propre point de vue, sans intervenir pendant les séances, à partir de ses références ;
- Le travail du chercheur consiste en la modélisation des justifications, en la construction d'idéaltypes des discours de justification.

Ces idéaltypes consistent à repérer les éléments de discours sur différents axes :

- Celui des références épistémologiques : construction des savoirs dans la classe, place des démarches, structuration des savoirs, concepts, modèles et langages ;
- Celui des références aux modalités de gestion de la classe du point de vue de ces savoirs : gestion de l'étude, gestion de l'évolution des connaissances, gestion des interactions, gestion des conceptions et des hypothèses, gestion du temps ;
- Celui des références institutionnelles : instructions et prescriptions nationales et locales (inspections pédagogiques), contraintes matérielles et temporelles (inscription de la séance dans un cadre d'établissement).

Ces idéaltypes sont des modèles. Ils ne correspondent pas a priori à un discours ou à un enseignant en particulier, ni à une catégorie d'enseignants. L'ensemble des justifications est appelé, en référence au cadre théorique et à la méthodologie d'analyse utilisés un rapport pragmatique à l'enseigner (RPE). Pour les analyses des situations et des pratiques, ce sont des concepts de didactique qui sont utilisés : *tâche* et de *technique* (Chevallard, 1997 ; 1999) et *milieu didactique* (Brousseau, 1986).

Il convient ici de différencier, dans les analyses, le milieu didactique de l'élève et celui de l'enseignant (Bloch, 1999).

2.4. Principaux résultats

Les trois enseignants dont les pratiques ont été étudiées, peuvent être qualifiés, d'*experts* (Tochon, 1993). Ils sont expérimentés, travaillent en collège (comme enseignants) et en IUFM (comme formateurs), et ils sont largement impliqués dans des recherches-actions et des projets en formation continue par les inspecteurs régionaux. Les séances sont relatives au programme en électricité en collège ; le nombre total de ces séances est de dix. Je fais part ici seulement des justifications

données par les enseignants relativement au déroulement, tel qu'ils l'ont perçu, de la séance, de manière à caractériser le RPE. Sont notés dans ce qui suit, des extraits d'entretiens, entre guillemets.

2.4.1. Suivant l'axe des références épistémologiques

- La DIES permet de travailler et d'investir à la fois des savoirs scientifiques et méthodologiques :

- La DIES se déroule suivant des étapes et un ordre bien déterminés ;
- La DIES commence par une question, continue par des réflexions, des hypothèses données par les élèves, avant toute observation et toute expérience ;
- Les expériences permettent essentiellement de valider les bonnes hypothèses, les mauvaises sont alors éliminées ;
- C'est l'enseignant qui a le rôle principal dans les moments de structuration des milieux pour l'élève et des savoirs et il est important de conclure pendant la séance ;
- L'enseignant cherche, dans les interactions langagières, à *coups de « pourquoi »* à faire parler, reformuler, les élèves de manière *scientifique et rigoureuse*.

2.4.2. Suivant l'axe relatif à la gestion de l'étude

L'enseignant a un objectif et il y tient. Il s'agit de « garder le fil du savoir » et donc de ne pas perdre de vue ce que les élèves doivent apprendre, en réduisant le milieu didactique pour les élèves de manière progressive, de « reprendre la main pour dire ou faire dire ce qui est important ». La gestion du temps est stricte, proche de la prévision : « Il faut avancer [...] quitte à parfois influencer les élèves ».

Les séances sont scandées au rythme des étapes fixées en s'appuyant sur les opportunités qui émergent pendant la séance : « réussite de certains élèves », « limitation du nombre d'hypothèses », « rappel de connaissances antérieures », « reprise en main immédiate en cas d'imprévu », tout en essayant, pendant les étapes de recherche de « mobiliser les élèves en difficulté » et de « recadrer régulièrement leurs activités ».

2.4.3. Suivant l'axe relatif aux cadres institutionnels

- Il existe des éléments communs entre DIES (IO) et DIES en classe ;
- Il y a adaptation relative de la durée des étapes en fonction de la durée des séances et du milieu didactique, en fonction du niveau général d'une classe ;
- On note la nécessité pour les enseignants de produire des « outils pour la classe » en vue de leurs utilisations en formation et dans les recherches-actions.

2.4.4. Remarques

Ces recherches mettent aussi en évidence, au regard de ce que les enseignants disent souhaiter, des contraintes fortes sur la DIES. En effet pour eux, il est important, dans une séance, et pour des raisons de cohérence scientifique, d'une part de rester rigoureux (au niveau du langage notamment) et de passer par les différents moments (MEN, 2005 ; 2007) et donc de ne négliger ni la problématisation, ni la formulation d'hypothèses, ni l'expérimentation, ni la structuration finale.

Dès lors, les enseignants disent être amenés à aller « beaucoup trop vite » au niveau des interactions, du traitement des conceptions erronées et du suivi des élèves en difficulté, de la réflexion sur la construction des connaissances en sciences (aspects méthodologiques et expérimentaux, interprétations et limites des lois). Ils disent regretter de ne pouvoir développer ces aspects qui pourraient conduire les élèves à davantage s'impliquer dans les activités.

J'analyse aussi ces aspects comme mettant en évidence des différences notables entre le rapport pragmatique à l'enseigner (relatif aux justifications de ce qui est fait en classe, dans un contexte donné) et le rapport au savoir professionnel qui serait davantage relatif à ce qu'il serait souhaitable de faire (d'une manière plus générale), selon ces enseignants.

Finalement, les justifications s'éprouvent en classe, pour les enseignants, comme le meilleur compromis possible entre :

- Les intérêts de l'enseignant, au regard notamment des savoirs, des méthodes et des valeurs qu'il souhaiterait transmettre aux élèves ;
- Les intérêts des élèves, au regard de ce qui est jugé important par le biais des programmes et donc par les évaluations ;
- Le caractère scientifique d'une DIES, c'est-à-dire l'aménagement d'une certaine proximité de ces démarches avec des éléments de pratiques de scientifiques ;
- Ses engagements institutionnels, en formations initiale et continue auprès d'autres enseignants, et auprès de l'inspection pédagogique régionale.

D'autres idéaltypes (d'autres RPE) ont été caractérisés (cf. Calmettes, 2010).

3. Conclusion et perspectives

Les DIES et les recherches en didactique sur les DIES sont extrêmement variées et amènent aujourd'hui à d'importantes questions touchant au cœur des possibles en termes de développement de ce type d'activités en classe. De manière synthétique, je dirai que la première problématique est globale, elle se rapporte à la définition des DIES et à leur portée.

Développer la DIES, c'est certainement d'un point de vue institutionnel veiller à une redéfinition des contenus des programmes et des évaluations, à une redéfinition de la DIES elle-même en précisant les moments où elle paraît indispensable ou au

moins nécessaire. Il me semble que c'est notamment le cas par exemple dans les activités de construction des modèles et des lois en physique.

La deuxième problématique se rapporte aux enjeux de la DIES localement, en classe ; elle vise l'intérêt des élèves. Je souhaite mettre cette problématique en perspective avec des études récentes (Venturini, 2007). Si l'on veut développer chez les élèves l'envie d'apprendre et d'étudier les sciences, il faut modifier leur rapport au savoir scientifique. Les DIES peuvent y participer. Pour cela, il convient de :

- Mettre la question du sens au centre des activités proposées à l'école : signification des concepts et des démarches, contextualisation (application, questions de société) ;
- Rendre l'élève davantage acteur de sa formation, expérimenter mais aussi échanger (oral), sans systématiser les traces écrites et le contrôle ;
- Développer des activités de collaboration entre élèves et de médiation entre enseignant et élèves ;
- Aider les élèves à réussir.

Actuellement, se pose la question de ce qui est fait au regard de ce qui serait souhaitable et que je viens d'évoquer. Les séances ordinaires de classe avec DIES peuvent-elles être pensées comme des activités « empêchées » ou « contrariées » (Monnier & Amade-Escot, 2009) ?

Le maintien du fil du savoir, la prise en compte des contraintes matérielles et temporelles, le *topos* surplombant de l'enseignant, les dispositifs d'évaluation conduisent en effet trop souvent à un affaiblissement de la construction des savoirs disciplinaires et des démarches au bénéfice d'une transmission plus directive des savoirs à évaluer. Sur les cas que j'ai présentés, on a particulièrement noté l'abandon des possibles en termes de modification des représentations (conceptions erronées) et du rapport à l'activité scientifique.

Développer la DIES, ce serait donc armer les enseignants par des formations en épistémologie, en histoire des sciences et à propos des modalités possibles de gestion de l'étude et des milieux ; et ce serait aussi favoriser sur le long terme la coopération entre chercheurs en didactique et enseignants pour construire, réaliser et analyser des séances en classe. Mais rien ne sera fait à grande échelle de manière réellement efficace si les institutions ne participent pas à ce travail de refondation des DIES.

4. Bibliographie

- Abell, S. K. & Lederman, N. G. (dir.) (2007). *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates.
- Bénaouioun-Ramirez, N. (2009). *Faire avec les imprévus en classe*. Lyon : Chronique Sociale.

- Bloch, I. (1999). L'articulation du travail mathématique du professeur et de l'élève dans l'enseignement de l'analyse en 1^{re} S ; détermination d'un milieu ; connaissances et savoirs. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19-2, p. 135-193.
- Boltanski, L. & Thévenot, L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Paris : Gallimard.
- Bosch, M. & Chevallard, Y. (1999). Ostensifs et sensibilité aux ostensifs dans l'enseignement mathématique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19-1, p. 77-123.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7-2, p. 33-115.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirale*, 43, p. 139-149.
- Calmettes, B. (2010). Analyse didactique pragmatique en démarche d'investigation en physique. Communication dans le symposium B. Calmettes, & J.-M. Boilevin, « Les démarches d'investigations dans les disciplines scientifiques et technologiques ». *Actes du colloque international de l'AREF*. Genève : Universités.
- Calmettes, B. (2011, à paraître). Analyse pragmatique de pratiques ordinaire. Rapport pragmatique à l'enseigner. *Revue de Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 2.
- Chevallard, Y. (1997). Familière et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17-3, p. 17-54.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19-2, 2, p. 222-265.
- Cometti, J.-P. (2010). *Qu'est-ce que le pragmatisme ?* Paris : Gallimard, Folio Essais, 535.
- Duit, R., Niedderer, H., Schecker, H. (2007). Teaching Physics. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (dir.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates, p. 599-629.
- Eurydice. (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles : Direction Générale de l'Éducation et de la Culture. Commission européenne.
- Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- High Level Group (2007). *Science Education now : a renewed pedagogy for future of Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- Lunetta, V.N., Hofstein, A., Clough, M.P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice In S. K. Abell. & N. G. Lederman (dir.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates. p. 393-441.
- MEN (2005). Rapport de l'Inspection Générale, octobre 2005. <ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/syst/igen/rapports/sciencesTechnoHistGeo.pdf>

- National Research Council (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, D.C. : National Academy Press. www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962
- MEN (2006). L'enseignement de la physique et de la chimie au collège. *Rapport de l'Inspection Générale de Physique et Chimie*, n° 2006-091, novembre 2006.
- MEN (2007). Physique-chimie. Introduction générale pour le Collège. Contribution de la physique-chimie à l'acquisition d'une culture scientifique et technologique. BOEN hors série n° 6 du 19 avril 2007, annexe 4, p. 109-110.
- Minner, D., Lévy, A., Century, J. (2009). Inquiry-Based Science Instruction — What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal Of Research in Science Teaching*, 47, p. 474-496.
- Monnier, N. & Amade-Escot, C. (2009). L'activité didactique empêchée : un outil d'intelligibilité des pratiques enseignantes en milieu difficile. *Revue Française de Pédagogie*, 168, p. 59-73.
- Panissal, N., Brossais, E., Vieu, C. (2010). Les nanotechnologies au lycée, une ingénierie d'éducation citoyenne aux sciences. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 1, p. 319-338.
- Rorty, R. (1994). *Objectivisme, relativisme et vérité*. Paris : PUF.
- Tochon, F. V. (1993). *L'enseignant expert*. Paris : Nathan Pédagogie.
- Venturini, P. (2007) *L'envie d'apprendre les sciences*. Paris : Fabert.
- Zarrouati (2009). Indices et démarche d'investigation. *Journées Internationales d'Études des 18 et 19 juin 2009*. Toulouse : Gridife, ERT 64. IUFM Midi-Pyrénées. Non publié.