



Marty, L. & Ligozat, F. (2019). Une lecture de l'enseignement des sciences physiques dans le Plan d'études romand à la lumière d'une comparaison avec les programmes de français.

Formation et pratiques d'enseignement en questions, 24, 17-40.

<https://doi.org/10.26034/vd.fpeq.2019.262>

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

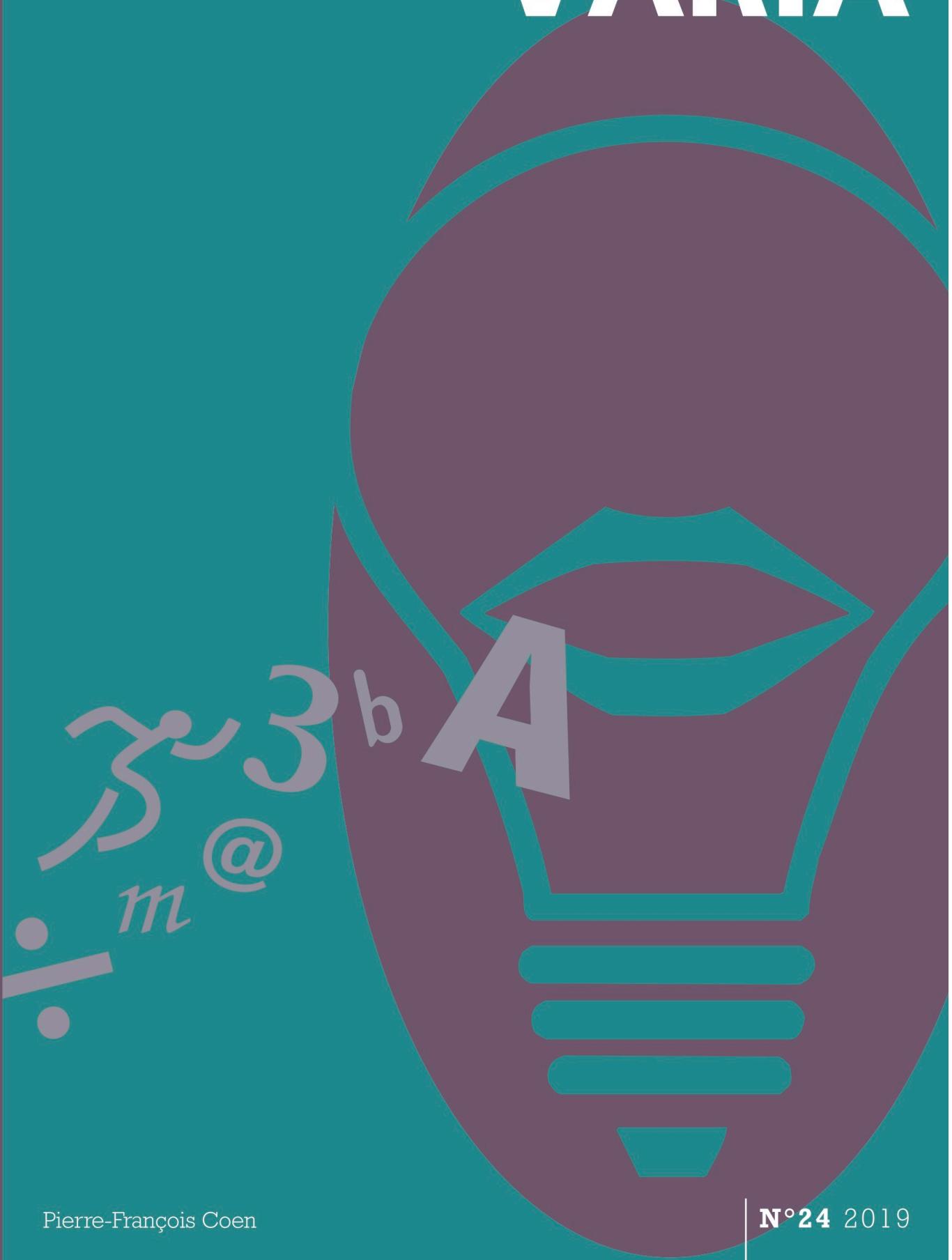


© Laurence Marty, Florence Ligozat, 2019



Revue des **HEP** et institutions assimilées de Suisse romande et du Tessin

VARIA



Comité de rédaction

Catherine Audrin HEP Vaud
Isabelle Caprani, IFFP
Pierre-François Coen, HEP Fribourg
Stefano Losa, SUPSI
Fabio Di Giacomo, HEP Valais
Deniz Gyger Gaspoz, HEP BEJUNE
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
Ferran Ferrer, Université autonome de Barcelone
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

Coordinateur du N°24

Pierre-François Coen

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

Édition

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



Varia

Numéro coordonné par
Pierre-François Coen

TABLE DES MATIERES

<i>Quel rôle donner aux émotions dans la formation et l'enseignement ?</i> Philippe Gay et Rebecca Shankland	7
<i>Une lecture de l'enseignement des sciences physiques dans le Plan d'études romand à la lumière d'une comparaison avec les programmes français</i> Laurence Marty et Florence Ligozat	17
<i>Vers une approche didactico-pédagogique de l'apprentissage authentique en milieu clinique</i> Sonia Soussi, Abdelmajid Naceur et Dominique Berger	41
<i>Cinq modèles d'intégration du numérique en formation initiale des enseignants. Une analyse et quelques réflexions</i> Christiane Caneva	59
<i>Croyances des futurs enseignants concernant l'acquisition des connaissances chez leurs élèves et représentations de l'enseignement. Adaptation de deux échelles à visée de formation formative</i> Gabriel Kappeler et Philippe A. Genoud	83



Une lecture de l'enseignement des sciences physiques dans le Plan d'études romand à la lumière d'une comparaison avec les programmes français

Laurence MARTY¹ (Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation, Université de Genève, Suisse et UMR EFTS, Université de Toulouse-Jean Jaurès, France) et
Florence LIGOZAT² (Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation, Université de Genève, Suisse)

Dans cet article, nous nous proposons d'analyser quelques dimensions de la transposition didactique externe à propos de l'étude des phénomènes physiques, telle qu'elle est configurée au sein du domaine des Sciences de la nature dans le Plan d'études romand (PER). Nous interrogeons tout particulièrement les ruptures et continuités dans les attentes institutionnelles qui pèsent sur les savoirs de l'école primaire d'une part et ceux du secondaire inférieur d'autre part. Ces attentes institutionnelles reflètent des partis-pris liés à des arrière-plans épistémologiques, des résultats de recherche issus des sciences psychologiques, cognitives et didactiques et des orientations politiques, auxquels nous essaierons de remonter. Sans entrer dans une présentation symétrique, nous prendrons appui sur des éléments d'une enquête similaire menée à partir des programmes français. Cette analyse croisée montre des nuances significatives entre les orientations du Plan d'études romand et celles des programmes français, au niveau des configurations disciplinaires, de la démarche scientifique, de la démarche d'investigation et de la modélisation. Cet exercice de problématisation des injonctions institutionnelles s'avère essentiel pour comprendre la diversité des pratiques d'enseignement dans des contextes éducatifs distincts, et travailler à leur enrichissement mutuel.

Mots-clés : transposition, didactique des sciences, curriculum, démarche scientifique, modélisation

Introduction

Depuis plusieurs années, le processus de construction et de mise en forme des curriculums constitue un objet d'investigation scientifique. Dans un contexte donné, le curriculum a pour fonction de contrôler et d'orienter l'enseignement dispensé dans les classes, en imposant les contenus thématiques, les modes préférentiels de reconstruction des savoirs et d'évaluation,

1. Contact: Laurence.marty@unige.ch

2. Contact: Florence.ligozat@unige.ch



selon une séquentialisation qui ordonne l'introduction des savoirs sur l'axe du temps. Au niveau de la recherche, l'analyse des textes institutionnels permet de mettre en évidence les négociations et enjeux sociétaux que reflètent les changements curriculaires, d'une part et prépare les analyses empiriques des pratiques d'enseignement/d'apprentissage, en rapportant les (potentielles) manières d'enseigner et d'apprendre à certaines caractéristiques de ces textes, d'autre part.

La mise en place du Plan d'études romand pour l'enseignement obligatoire (élèves de 4 à 15 ans) au début des années 2010, s'est accompagnée de changements notables dans la configuration de certains domaines disciplinaires, en regard de ce qui pouvait être défini auparavant dans les différents cantons. Il en va ainsi du domaine des « Mathématiques et Sciences de la nature », qui met en scène une articulation explicite entre deux sous-domaines qui existaient indépendamment ou bien dans d'autres regroupements, dans les plans d'études antérieurs. Pour ne prendre qu'un exemple, dans les Objectifs de l'école genevoise (2000) et le Plan d'études genevois de 2007, les contenus relatifs aux sciences de la nature se trouvaient agencés dans un domaine nommé « Environnement » pour tous les degrés de l'école primaire, aux côtés des enseignements sur le temps et l'espace. Du reste, la construction des moyens d'enseignement relatifs à ces trois domaines de savoir pour le cycle 1 (élèves de 4 – 8 ans) porte encore la trace de cette configuration puisqu'ils sont toujours proposés dans un même support.³

Par ailleurs, l'articulation des enseignements et des apprentissages entre le primaire et le secondaire reste encore relativement peu étudiée dans les travaux de didactique. Elle comporte pourtant des enjeux majeurs du point de vue des rapports aux savoirs scolaires que les élèves doivent établir. Quelles différences existe-t-il entre les contenus des « sciences » proposés à l'école primaire par des enseignants généralistes, et ceux proposés dans les filières de l'école secondaire par des enseignants spécialistes (ou semi-spécialistes) de disciplines ? Dans le cadre d'une « didactique du curriculum », Martinand (2014) soutient qu'à l'école primaire, ce sont des matières scolaires qui sont enseignées et non encore des disciplines, terme qu'il réserve pour l'enseignement secondaire :

« Les disciplines d'enseignement secondaires, mises à part les mathématiques, sont composites, avec des histoires particulières et nationales qui peuvent être compliquées, et des relations très diverses et variables avec les disciplines d'enseignement supérieur et de recherche qui participent à la formation de leurs enseignants » (p. 68).

Problématique

Tout processus de construction de curriculums fait appel à un ensemble d'arrière-plans épistémologiques liés aux domaines de savoir en jeu, de résultats issus des sciences psychologiques, cognitives et didactiques, tout en suivant également des orientations politiques liées à la formation des

3. Classeurs Géographie-Histoire-Sciences de la nature Guide pour l'enseignement 1-2H et 3-4H.



citoyens. Certaines de ces références sont aujourd’hui partagées dans les pays francophones, voire dans les pays européens plus largement. Au niveau académique, les recherches en didactique et en éducation bénéficient d’échanges importants entre chercheurs francophones et/ou européens qui développent des réseaux de partage de connaissances et de collaborations scientifiques (ex: ESERA, EERA, etc.). Par ailleurs, les évaluations internationales comparent les performances des élèves européens dans diverses disciplines dont les mathématiques et les sciences (ex: PISA), et ce faisant, elles encouragent à une certaine standardisation dans la définition des curriculums (ex: rapport Rocard, 2007). Ces facteurs, parmi d’autres, concourent à fournir aux concepteurs de programmes et plans d’études un ensemble de références plus ou moins partagées à propos de l’enseignement et l’apprentissage des savoirs scientifiques. Dans ce cadre, il semble intéressant d’explorer de quelle manière ces références trouvent (ou non) un écho au sein du Plan d’études romand, à l’aune d’un autre contexte qui est soumis aux mêmes influences.

Pour cela, nous avons mené une enquête ascendante, qui débute au niveau des textes du Plan d’études romand (PER), en prenant pour section d’étude les savoirs concernant les phénomènes physiques. Nous nous proposons de considérer comment ces savoirs sont configurés au sein du domaine des sciences de la nature, et ce que cela nous montre du point de vue des attentes institutionnelles qui pèsent sur les savoirs du primaire d’une part et sur les savoirs du secondaire d’autre part. Sans entrer dans un mode de présentation des résultats qui soit symétrique, nous prendrons ensuite appui sur des éléments d’enquête similaire menée à partir des programmes français, afin de produire un contraste suffisant qui nous permette de rapporter les attentes institutionnelles du PER à des références de nature diverse, liées à des arrière-plans épistémologiques, des résultats de recherche en didactique mais aussi des orientations politiques relatives à l’éducation du citoyen.

Pour aborder cette question, nous faisons appel au cadre de la transposition didactique externe (Chevallard, 1985/1991 ; Mercier, 2002) qui désigne les processus de définition et de mise en forme des savoirs scolaires (savoir à enseigner et savoirs effectivement enseignés), en regard des savoirs construits et utilisés dans les différentes sphères d’activités sociales que nous qualifions de pratiques de références (au sens de Martinand, 1986). Cette mise en forme, qui constitue le processus de transposition intègre les contraintes propres à l’enseignement scolaire (élémentarisation, séquentialisation, évaluation, etc.). Ce cadre nous a permis de construire un modèle possible des relations complexes entre savoirs scientifiques enseignés à l’école et savoirs de référence, que nous allons commencer par exposer brièvement.



La transposition des savoirs scientifiques à l'école : un processus multi-référencé

Afin de pouvoir identifier certaines références qui ont pu influencer les concepteurs dans l'élaboration du PER pour le domaine des sciences de la nature, et plus particulièrement celui des savoirs liés au monde physique, nous allons rappeler quelques éléments d'épistémologie des sciences physiques qui ont inspiré les travaux didactiques au cours des trente dernières années.

Nous commencerons par poser une première distinction générale, entre d'une part, les résultats scientifiques composés des théories, modèles, faits expérimentaux et, d'autre part, les modes d'élaboration qui permettent de produire ces résultats, c'est-à-dire les démarches scientifiques. On peut noter que, si la nature des résultats scientifiques fait l'objet d'un relatif consensus en épistémologie des sciences, les modes d'élaboration des savoirs scientifiques font l'objet, au contraire, de caractérisations concurrentes, voire incompatibles et sont toujours soumis à des débats à l'heure actuelle. Ensuite, si la transposition didactique intègre les apports de l'épistémologie, de l'histoire et de la sociologie des sciences, elle intègre aussi les «résultats» produits dans les sciences de l'éducation et de la cognition. Enfin, on peut aujourd'hui considérer que les travaux et résultats produits en didactique des sciences au cours de ces vingt dernières années sont également des références pour penser les curriculums actuels.

La nature des savoirs des sciences physiques et leur transposition

D'une façon générale, les physiciens cherchent à décrire, à expliquer et à prévoir le comportement des objets inanimés. Un premier niveau de connaissance se rapporte aux faits expérimentaux, définis comme les données immédiatement accessibles à l'observation. Phénomène, évènement et résultat de mesure appartiennent à ce premier niveau. Un deuxième niveau se rapporte à l'ensemble des constructions théoriques conçues par les scientifiques, notamment les théories et les modèles (Soler, 2009). Une théorie, qui possède un caractère universel et unificateur, peut être définie comme un ensemble de principes, de lois et de concepts (souvent associés à des grandeurs) formant un tout cohérent et interconnecté. Composante «opératoire» de la théorie, le modèle est créé pour répondre à une situation ou une classe de situations donnée. Il permet de produire des prévisions comparables à la réalité expérimentale. Il est, par définition, hypothétique, modifiable et d'un domaine de validité restreint (Martinand, 1992). L'activité centrale des physiciens est une activité qui consiste à utiliser, enrichir, rechercher les limites et les contours d'application des constructions théoriques et ultimement, à les remplacer par d'autres, plus adéquates. La confrontation entre les deux niveaux de connaissance évoqués (constructions théoriques, d'une part et faits expérimentaux, d'autre part) est le moteur de leur activité: c'est cette mise en lien qui constitue le processus de modélisation.

En s'adossant à cette caractérisation de la nature des savoirs scientifiques,



certains chercheurs francophones en didactique ont développé des réflexions sur les savoirs scientifiques à enseigner et les démarches d'enseignement à privilégier. Tiberghien (1994) avance qu'à l'école obligatoire, la distinction entre théorie et modèle ne se justifie pas, en regard du (faible) niveau d'abstraction exigible des élèves. Elle distingue seulement deux niveaux de connaissances qui apparaissent en classe de sciences physiques : le «monde des théories et des modèles» et le «monde des objets et des événements». Dans un autre cadre, certains didacticiens ont développé des ingénieries didactiques fondées sur la modélisation (Larcher, Chomat et Méheut, 1990 ; Séré, 1992 ; Genzling, 1988, entre autres), c'est-à-dire la confrontation entre faits expérimentaux et constructions théoriques. Ces ingénieries se présentent souvent sous la forme d'une succession d'activités de structure similaire : présentation d'un modèle primitif – introduction d'un phénomène – application/enrichissement du modèle primitif afin d'expliquer le phénomène et/ou de prédire son évolution – introduction d'un nouveau phénomène – application/enrichissement du modèle qui a déjà été complété à l'étape précédente – etc. Cette manière de reconstruire le savoir dans la classe s'appuie donc sur une structure spiralaire de l'avancée des savoirs. Ces résultats de didactique des sciences (la théorie des deux mondes, d'une part et les ingénieries didactiques spirales basées sur la modélisation, d'autre part) constituent deux références majeures parmi les travaux didactiques en sciences physiques pour les concepteurs de curriculums.

Les modes d'élaboration des savoirs des sciences physiques et leur transposition

Si les savoirs scientifiques sont issus de la confrontation entre des constructions théoriques et des faits expérimentaux, la manière dont ces deux niveaux s'articulent pour produire de nouveaux savoirs est toujours sujet à controverses : historiens, philosophes et sociologues des sciences ont imaginé plusieurs modes d'élaboration des savoirs scientifiques, parfois incompatibles entre eux. En se fondant sur ces modes d'élaboration des savoirs scientifiques, certains chercheurs en didactique des sciences ont développé des démarches potentielles d'enseignement des sciences. Nous répertorions brièvement ci-dessous quelques courants significatifs de l'épistémologie, à savoir l'inductivisme, la démarche hypothético-déductive, les programmes de recherche, l'anarchisme épistémologique, accompagnés de leur transposition en didactique des sciences.

L'inductivisme, qui apparaît dès l'aube de la science moderne dans les écrits des scientifiques émergeants et qui, plus tard, trouve un appui considérable dans le positivisme d'Auguste Comte, avance que les constructions théoriques constituent des généralisations des données d'observation et que celles-ci forment le point de départ de la démarche scientifique (Chalmers, 1976/1982). La perspective inductiviste a trouvé un écho dans l'enseignement des sciences physiques, à travers la «leçon de choses», méthode d'enseignement des sciences basée sur l'observation et sur le mouvement du concret vers l'abstrait. Dans la «monstration» (Johsua, 1989), version augmentée de leçon de choses, l'expérience est mise en scène, c'est-à-dire



que ses aspects pertinents pour le futur modèle à enseigner sont artificiellement valorisés tandis que les autres sont masqués. L'inductivisme a été critiqué rapidement, tant au niveau épistémologique que didactique, notamment parce qu'un énoncé d'observation n'est pas neutre de tout préjugé et est toujours, d'une manière ou d'une autre, adossé à une théorie.

La méthode hypothético-déductive, formalisée par le physiologiste Claude Bernard au 19^e siècle (Bernard, 1865), se décline en plusieurs étapes : à une étape préliminaire d'observation de faits succède une phase d'élaboration d'une (ou plusieurs) hypothèse(s) nécessairement réfutable(s). Ces hypothèses donnent lieu à des prédictions qui sont ensuite comparées à des faits artificiellement produits à l'aide d'une expérimentation : soit la préiction nouvelle se révèle contraire à l'expérience, on considère alors que l'hypothèse est réfutée par l'expérience ; soit l'expérience est telle qu'on l'avait prévu par déduction, on considère alors que l'hypothèse est confirmée par l'expérience. Dans les classes, la méthode hypothético-déductive a pu être considérée comme une alternative pertinente, palliant les limites du point de vue inductiviste (Johsua et Dupin, 1986). De nombreuses versions didactiques inspirées du schéma princeps (OHERIC, DiPHTeRIC, etc.) proposent des processus idéalisés à mettre en œuvre dans les salles de classe (Gordan, 1999 ; Cariou, 2010). Plusieurs points de décalage existent entre ces versions et les pratiques effectives des scientifiques : la validation et l'invalidation d'une hypothèse, loin d'être un résultat individuel et immédiat, dérive en réalité d'un consensus établi à l'échelle d'une communauté, et à partir d'autres arguments que les seuls résultats de l'expérience ; la situation-problème, choisie pour provoquer l'étonnement des élèves devant un phénomène imprévu ne ressemblent pas aux problèmes scientifiques construits à partir d'un cadre théorique partagé par une communauté scientifique.

L'analyse des structures de recherche, développée au 20^e siècle en sociologie des sciences, avance que les constructions théoriques s'insèrent au sein d'une structure plus vaste (paradigme selon Kuhn, 1962 ; programme de recherche selon Lakatos, 1994) qui définit un consensus général partagé à l'échelle d'une communauté de recherche. Ce consensus englobe les principes théoriques, les lois, les concepts, les moyens standards d'appliquer ces principes à une grande diversité de situations, donc un savoir-faire théorique et pratique mais aussi un ensemble de normes partagées par une communauté de recherche. Cette approche a inspiré certains chercheurs en psychologie du développement cognitif (Posner, Strike, Hewson et Gertzog, 1982) : ceux-ci défendent l'existence de schémas similaires entre le changement d'un paradigme à un autre dans la communauté scientifique et le passage d'une conception naïve vers une conception scientifique chez l'individu. L'analogie entre ces deux processus trouve cependant des limites, puisque Posner et al. (1982) défendent une vision rationaliste et individuelle de l'apprentissage alors que selon Kuhn, la transition de l'ancien paradigme vers le nouveau constitue un processus intrinsèquement collectif, fondé sur des paramètres sociologiques et psychologiques. Cette théorie cognitive de l'apprentissage des sciences a donné lieu à de nombreuses stratégies d'enseignement centrées sur le changement conceptuel : ces stratégies s'articulent autour



de l'identification des «conceptions naïves» des élèves à propos d'un thème d'enseignement particulier puis de leur remise en question à l'aide de contre-exemples expérimentaux ou de débats argumentés entre pairs. Le conflit (socio)cognitif devient le moteur indispensable de l'apprentissage.

Enfin, l'anarchisme épistémologique défendu par Feyerabend (1979) met en évidence la panoplie méthodologique plurielle et diversifiée effectivement à l'œuvre dans la progression scientifique et considère que l'enfermement méthodologique est dommageable au développement des sciences. Au niveau de l'enseignement des sciences, si l'on reconnaît qu'il n'existe pas de mode d'élaboration immuable des savoirs scientifiques, il est possible d'identifier des «airs de famille» dans les processus d'élaboration des savoirs des «sciences expérimentales» (Irzik et Nola, 2011). Il peut s'agir des activités (planifier et mener à bien des expérimentations, formuler des questions ou problèmes, etc.), des buts ou valeurs (prévoir, expliquer, atteindre une certaine adéquation empirique, la vérité, la simplicité, etc.), des règles méthodologiques (construire des hypothèses ou modèles vérifiables, éviter les ajouts ad-hoc aux théories, conduire des études randomisées en double aveugle, etc.) ou de la nature des savoirs produits (théories, lois, modèles, hypothèses, etc.). Chaque discipline scientifique (physique, zoologie, archéologie, etc.) possède toujours un certain nombre de ces caractéristiques, qui se superposent partiellement avec celles des autres disciplines. Ce point de vue influence notamment la détermination d'un ensemble de compétences scientifiques dans les curriculums, qu'il s'agit d'acquérir au fil des enseignements scientifiques thématiques.

Ces éléments d'épistémologie des sciences et de didactique constituent des références possibles pour penser les modes de (re)construction des savoirs scientifiques dans la classe, du point de vue des concepteurs de plans d'études.

Conclusion

Cette analyse des contraintes qui pèsent sur la transposition des savoirs scientifiques à enseigner en classe nous conduit à proposer un modèle en deux parties des sources d'influences possibles dans l'élaboration des curriculums au sein de la communauté francophone tout au moins. Ce modèle distingue les références épistémologiques d'une part et les références didactiques d'autre part.

Ce qu'il importe de retenir dans ce modèle, c'est que les moyens de construire des savoirs dans les pratiques scientifiques telles que décrites par les philosophes, historiens et sociologues des disciplines scientifiques constituent des sources d'inspiration pour la re-construction de ces mêmes savoirs dans la classe. La leçon de choses et la monstration qui s'inspirent de l'inductivisme, les multiples démarches d'inspiration hypothético-déductive, le changement conceptuel par conflit cognitif, et l'identification de compétences méthodologiques à partir des airs de famille entre les différentes disciplines scientifiques constituent des références didactiques possibles pour les concepteurs de plans d'études qui ont la volonté de construire les



curriculums dans une certaine analogie avec les épistémologies des pratiques scientifiques.

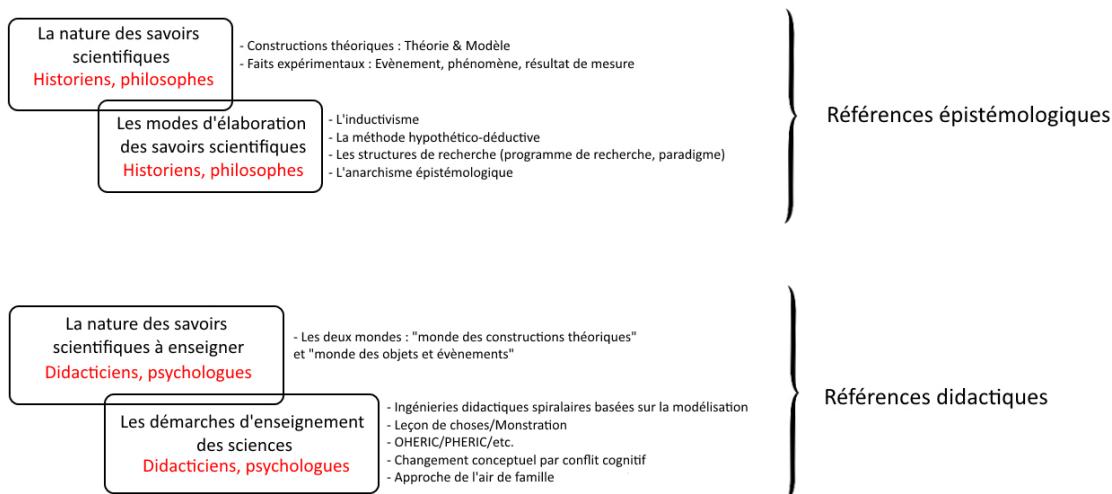


Figure 1 : Les références épistémologiques et didactiques

Il ne s'agit là que d'un modèle, qui ne prend en charge que quelques références possibles, et il y en aurait sûrement d'autres à explorer. Si nous considérons que les références didactiques proviennent majoritairement de sources d'inspiration épistémologiques elles sont également soumises à d'autres influences. La leçon de choses, par exemple, est teintée de références pédagogiques, et marquée par une évolution sociétale : il s'agissait, dans la première moitié du 20^e siècle, de développer un raisonnement basé sur des faits empiriques, et non sur des opinions communes ou des superstitions, pour traiter de problèmes de la vie quotidienne (notions d'hygiène, de culture agricole, de météorologie, etc.). Du reste, cette approche ne visait pas la formation de futurs scientifiques puisque la majorité des élèves n'accédaient pas aux études secondaires. Autre exemple : les chercheurs qui défendent l'existence de schémas similaires entre le changement d'un paradigme à un autre dans la communauté scientifique et le passage d'une conception naïve vers une conception scientifique chez l'individu (par exemple, Posner, Strike, Hewson et Gertzog, 1982) s'appuient sur une approche développementale des stades d'évolution de l'intelligence chez l'enfant, comprise comme une forme spécifique de l'adaptation de l'enfant à son milieu (Piaget & Inhelder, 1941). De façon plus directe, l'influence des travaux de Piaget et de ses collaborateurs reste encore très prégnante dans l'élaboration des curriculums d'éducation scientifique, aussi bien en France qu'en Suisse Romande.

Méthodologie

Notre analyse s'appuie sur des données constituées par : 1) en Suisse Romande, les plans d'études relatifs au domaine «Mathématiques et Sciences de la Nature» (MSN) et au sous-domaine «Phénomènes Naturels et Techniques» dans lequel se trouvent les savoirs relatifs aux sciences physiques, au primaire et au secondaire inférieur; 2) en France, le programme de



sciences expérimentales et technologie (MEN, 2008a) et les ressources en sciences expérimentales et technologie (MEN, 2012) pour le primaire et le programme de physique-chimie (MEN, 2008b) pour le secondaire inférieur⁴.

Le traitement des données s'appuie sur les critères d'analyse des textes curriculaires suivants :

- les objectifs et visées de l'enseignement des sciences ;
- les exigences attendues des élèves en termes de connaissances et de compétences ;
- et enfin les méthodes de reconstruction des connaissances privilégiées en classe avec un focus tout particulier sur les responsabilités que ces méthodes réservent à l'enseignant et aux élèves.

Les résultats mis en évidence dans le contexte suisse-romand seront ensuite discutés à la lumière des résultats français équivalents : il ne s'agit pas de présenter de manière symétrique les résultats des deux contextes, mais d'utiliser les nuances perçues entre les deux contextes pour orienter le regard sur les caractéristiques significatives des plans d'études. Enfin, il s'agit de mettre en relation ces caractéristiques avec les références à disposition des concepteurs, en particulier les références épistémologiques et didactiques établies ci-dessus.

Analyse de l'enseignement des sciences physiques à l'école primaire et au secondaire I en Suisse romande

Les sciences de la nature dans le PER : de nouvelles « cloisons disciplinaires » ?

Nous nous intéressons donc au domaine du PER intitulé « Mathématiques et Sciences de la Nature » (MSN). La section « Sciences de la Nature » contient quatre sous-domaines, tous intitulés de manière identique dans les trois cycles de l'enseignement obligatoire (cycle 1 : élèves de 4 à 8 ans ; cycle 2 : élèves de 8 à 12 ans ; cycle 3 : élèves de 12 à 15 ans) :

- Modélisation (MSN 15-25-35) qui est commun avec la section des Mathématiques ;
- Phénomènes naturels et techniques (MSN 16-26-36) ;

4. Le choix d'utiliser les programmes français de 2008/2012 (et non, les programmes actuels) est guidé par une enquête plus globale que nous menons depuis plusieurs années au niveau des pratiques de classe dans le cadre d'une comparaison de séquences d'enseignement observées à Genève et en France (Marty, 2019). La comparaison avec les programmes d'enseignement 2008/2012 en France se justifie par le fait qu'ils sont contemporains de l'élaboration du Plan d'études romand, dont les premières versions apparaissent en 2010. Cela ne diminue pas la portée de cet article puisque celui-ci vise à caractériser les références épistémologiques et didactiques du Plan d'études romand, en l'examinant par contraste avec un autre curriculum potentiellement soumis aux mêmes influences à la même époque. En outre, les programmes français 2008/2012 introduisent des nouveautés considérables par rapport aux précédents : ainsi, nous considérons que la mise en avant de la démarche d'investigation au secondaire inférieur en France dans le programme 2008 présente une rupture avec les méthodes traditionnelles d'exposition des savoirs et est susceptible d'influencer durablement les pratiques des enseignants.



- Corps humain (MSN 17-27-37);
- Diversité du vivant (MSN 18-28-38).

Nous notons tout d'abord que les savoirs relatifs aux sciences physiques se concentrent dans le sous-domaine «Phénomènes naturels et techniques» selon les thématiques Matière, Forces et énergie, Planète Terre pour les cycles 1 et 2; tandis que le cycle 3 voit apparaître les thématiques Optique, Mécanique, Électricité (en plus d'Énergie et Matière) et disparaître la thématique Planète Terre. Nous reviendrons en détails sur ce sous-domaine, dans notre analyse thématique.

Les deux autres sous-domaines (Corps humain et Diversité du vivant) sont consacrés à l'étude du vivant, en accordant une place particulière à l'étude du corps humain et de ses besoins, en regard de l'ensemble des êtres vivants. Nous ne traiterons pas de ces sous-domaines dans cet article.

Cet aperçu de la structuration des savoirs scientifiques dans le PER nous amène à un premier constat majeur : les références aux disciplines académiques telles que la physique, la chimie, la biologie, la géologie sont absentes au profit d'un autre découpage des savoirs des sciences de la nature, qui se maintient du début de l'école primaire jusqu'à la fin du secondaire inférieur.

Au vu des thématiques que nous avons rapidement balayées pour le sous-domaine Phénomènes naturels et techniques, il pourrait être tentant de ne voir là que des nouvelles dénominations de qui ce qui aurait pu s'appeler plus traditionnellement «des sciences physiques», en regard des deux autres sous-domaines qui pourraient relever des «sciences de la vie» ou de la «biologie».

Mais, si l'on sonde les contenus de certaines thématiques du domaine «Phénomènes naturels et techniques» plus précisément, on trouve par exemple :

- au cycle 1 dans la thématique Planète terre, des attentes fondamentales qui portent sur la description du cycle naturel jour/nuit, et du cycle des saisons en utilisant des observations de changement de la lumière, des températures, de la fréquence des intempéries, de l'apparence de la végétation, des rythmes biologiques des animaux, etc.
- au cycle 2, dans la thématique Matière, des attentes fondamentales portent sur la compréhension du cycle naturel de l'eau, associé à des indications de mise en évidence des effets de l'utilisation de l'eau par l'Homme.
- au cycle 3, en revanche, la focale se déplace sur des thèmes classiques des sciences physiques académiques : l'optique, les transformations physiques et chimiques, l'électricité, la mécanique, etc. Si les phénomènes de la vie quotidienne continuent d'être évoqués, ils se mettent désormais au service des efforts de modélisation que ce cycle tente de faire développer aux élèves (nous y revenons plus bas).

Même si la dénomination «Phénomènes naturels et techniques» perdure du début de l'école primaire à la fin de l'école obligatoire, les thèmes et contenus qu'elle recouvre se déplacent au fil des cycles : au cycle 1, les savoirs



sont introduits de manière intégrative, en faisant appel à toutes les facettes de l'expérience quotidienne d'un jeune enfant tandis qu'au cycle 3, se produit un resserrage certain du sous-domaine sur des savoirs qui caractérisent les «sciences physiques». Au secondaire, apparaît alors une véritable secondarisation des apprentissages scientifiques, à travers la mise en place des modalités d'accès à la connaissance qui procèdent d'une disciplinari-
sation des actes d'enseignement par l'isolement d'un phénomène pour le modéliser et proposer une explication ou produire des résultats ayant une portée plus générale.

Les «commentaires généraux» : des enjeux communs pour tous les enseignements scientifiques

Les commentaires généraux qui précèdent la présentation des modules d'enseignement scientifiques fixent les enjeux de cet enseignement. Ces commentaires sont identiques pour les trois cycles, et pour les sous-domains de l'enseignement scientifique, soumettant les enseignants du primaire et du secondaire aux mêmes exigences en termes d'enjeux de l'enseignement scientifique.

L'enseignement des sciences de la nature est d'abord censé donner aux élèves des outils qui leur permettent de comprendre et de rendre compte du monde environnant :

«Le domaine Mathématiques et Sciences de la nature fournit à l'élève des instruments intellectuels d'apprehension et de compréhension du réel» (MSN, p. 7).

Il doit également contribuer au développement de compétences spécifiques à la discipline, qui s'inspirent de celles maîtrisées par la communauté de référence :

«Le domaine vise, à permettre aux élèves, d'identifier des questions, de développer progressivement la capacité de problématiser des situations, de mobiliser des outils et des démarches, de tirer des conclusions (...)» (MSN, p. 7).

L'enseignement des sciences de la nature doit aussi favoriser la maîtrise de compétences transversales :

«Face aux évolutions toujours plus rapides du monde, il est nécessaire de développer chez tous les élèves une pensée conceptuelle, cohérente, logique et structurée, d'acquérir souplesse d'esprit (...)» (MSN, p. 7).

Cet objectif transparaît dans un paragraphe dévolu entièrement aux «Capacités transversales» (MSN, p. 10) qui renvoie à une section du PER du même nom (CT), dans laquelle on trouve les entrées «Collaboration», «Communication», «Pensée créatrice», etc.

Ensuite, l'enseignement des sciences de la nature est censé encourager les élèves à prendre conscience de certaines conséquences de leurs décisions quotidiennes :



«Par un questionnement sur le monde qui les entoure, on favorise chez eux une prise de conscience des conséquences de leurs actions sur leur environnement» (MSN, p. 7).

Il doit également favoriser la compréhension des controverses sociétales liées à des thématiques scientifiques :

«Il est important que chacun possède des outils de base lui permettant de comprendre les enjeux des choix effectués par la communauté, de suivre un débat sur le sujet (...)» (MSN, p. 7).

Cet objectif transparaît également dans un paragraphe dévolu à la «Formation générale» (MSN, p. 10) qui renvoie à une section indépendante du PER (FG), et dont les entrées thématiques («Santé et bien-être», «Interdépendances sociales, économiques, environnementales», «Vivre ensemble et exercice de la démocratie», etc.) se prêtent facilement à un enseignement qui réserve une place importante aux relations entre les sciences, les techniques, la société et l'individu.

Les objectifs développés sont contrastés et nombreux : ils sont les témoins de la multiplicité des besoins de la société auquel le PER tente de répondre en fixant les objectifs d'apprentissage. Nous nous demandons à présent quelle est la portée de cette diversité d'enjeux dans les contenus thématiques de la section Sciences de la nature, à travers l'exemple de l'analyse du sous-domaine «Phénomènes naturels et techniques». Autrement dit, quel est le devenir de ces enjeux dans la progression thématique des enseignements/apprentissages ? Comment résonnent-ils ailleurs dans le PER ?

Chaque module du PER est constitué d'une progression thématique des enseignements/apprentissages, qui se présente sous la forme d'un tableau qui met en regard une «Progression des apprentissages», des «Attentes fondamentales» et des «Indications pédagogiques». Au primaire (cycle 2), la progression thématique des enseignements/apprentissages promeut les connexions pouvant être établies entre l'enseignement des sciences et «l'extérieur» de la salle de classe. Par exemple, il est possible de lire dans les «Indications pédagogiques» du thème «Matière» :

«Cette problématique [la matière] permet aussi une réflexion sur l'utilisation de l'eau par l'Homme. (...) Un tri des matières utilisées à domicile pourra être réalisé en fonction de leur potentiel de recyclage. L'expérimentation des mélanges est un bon point de départ pour aborder la notion de pollution.» (MSN 26, p. 37).

Ce mouvement d'ouverture est susceptible de mener à une considération des problématiques quotidiennes et sociétales liées aux sciences et techniques. Au primaire, il existe donc une certaine résonance des commentaires généraux dans la progression thématique des enseignements.

Au secondaire, la situation est différente : la diversité des enjeux de l'enseignement des sciences présente dans les commentaires généraux laisse place, dans le tableau de progression, à un enseignement axé sur la maîtrise des outils scientifiques et dans lequel les liens entre les sciences et la



société ne sont pas évidents. Ce décalage entre les commentaires généraux qui promeuvent un enseignement des sciences ouvert sur des aspects relatifs à la vie quotidienne et aux controverses sciences-société et un corps du Plan d'études dans lesquels ces aspects disparaissent pour laisser la place à un enseignement de tradition académique sera discuté à la lumière de la comparaison avec le contexte français.

La «démarche scientifique» : un enjeu longitudinal au primaire et secondaire inférieur

La progression thématique des enseignements/apprentissages de chaque module (MSN 16-26-36) s'attache également à développer des éléments relatifs à une démarche scientifique. Celle-ci est présentée sous la forme d'une liste de compétences méthodologiques qui semblent inspirées d'une certaine vision de la pratique des scientifiques : formaliser une question ou une problématique, émettre des hypothèses, mettre en place un processus d'expérimentation, etc. Ces compétences sont progressivement approfondies du début de l'école primaire jusqu'à la fin du secondaire inférieur.

Nous voyons, par exemple, sur la figure n° 2, comment la compétence relative à la formulation d'hypothèses évolue : de «L'élève formule au moins une question et/ou une hypothèse qui utilise(nt) les éléments de la situation au sujet d'une problématique» au cycle 2 (à gauche), on en vient à «L'élève, face à une situation, énonce une hypothèse pertinente/des hypothèses pertinentes» au cycle 3 (à droite). Plus généralement, les exigences attendues des élèves s'affermisent progressivement du cycle 1 au cycle 3 en même temps que leur marge d'autonomie est censée s'accroître. L'exposition des éléments de la démarche scientifique témoigne d'une réelle continuité tout au long de l'école obligatoire.

Au cours, et au plus tard à la fin du cycle, l'élève :

...formule au moins une question et/ou une hypothèse qui utilise(nt) les éléments de la situation au sujet d'une problématique
...choisit une piste de recherche, un dispositif d'exploration qui permet de répondre à une question de recherche (dans une liste de propositions)
...met en évidence quelques facteurs (des variables et des constantes) intervenant dans l'explication d'une problématique

...face à une situation, énonce une hypothèse pertinente/des hypothèses pertinentes **Niv. 2**
...imagine une expérimentation qui ne fait varier qu'un facteur à la fois
...prépare et/ou réalise un protocole d'observations, de mesures et de calculs pour un problème à deux facteurs dépendants (*mesure de température de l'eau en fonction du temps de chauffage, distance en fonction du temps,...*)
...structure et présente les résultats, en utilisant les arrondis et unités adéquats, dans un tableau/une représentation graphique (diagramme cartésien, en colonne, circulaire) **Niv. 2**

Figure n° 2: Extrait du PER à propos de la démarche scientifique. Au cycle 2: à gauche, au cycle 3: à droite.

À un autre niveau d'analyse, nous constatons que la démarche scientifique décrite ne se présente pas vraiment comme une méthode de reconstruction des savoirs scientifiques dans la classe mais plutôt comme une série de compétences élémentaires dont la reconstitution est à la charge de l'enseignant, pour former un puzzle cohérent en classe. Peu d'indications lui sont fournies à



propos de l'enchaînement des compétences au sein d'une tâche donnée: Faut-il mettre en œuvre l'ensemble des compétences à travers une démarche globale? Est-il possible de les travailler indépendamment? Que prend finalement en charge l'élève dans un cas ou dans l'autre? Il est permis de conclure que l'objectif n'est pas tant de faire agir l'élève dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche globale que de le confronter, le plus souvent possible au cours de la scolarité obligatoire, avec un échantillon étendu de compétences dérivées de celles employées par la communauté de référence. Nous approfondirons ce point à la lumière de la comparaison avec le contexte français.

La modélisation : un enjeu accentué au secondaire inférieur

Nous nous concentrons à présent sur l'analyse des exigences attendues dans le sous-domaine Phénomènes naturels et techniques, en développant un exemple à propos des propriétés de la matière (voir figure n° 3).

Au cours, et au plus tard à la fin du cycle, l'élève :

...identifie les changements d'état de l'eau et certaines de ses caractéristiques concernant son aspect, son volume, sa température ...décrit le cycle naturel de l'eau ...sait que l'air est une matière ...cf. Attentes liées au <i>Développement de la démarche scientifique</i>	...représente la matière par des molécules et des atomes ...classe « atome », « molécule », « homme », « Terre », « système solaire », « galaxies », « Univers » sur une échelle de dimension et en donne un ordre de grandeur Niv. 2 ...identifie une substance à partir de mesures de masse et de volume ...utilise un modèle moléculaire pour interpréter les caractéristiques des états de la matière ...utilise un modèle moléculaire pour interpréter ou prévoir l'évolution de phénomènes physiques: dilatation, diffusion dans les liquides et les gaz, changement de température ...distingue les transformations physiques (changement d'état) des transformations chimiques (combustion)
--	---

Figure n° 3: Extrait du PER à propos des propriétés de la matière. Au cycle 2: à gauche, au cycle 3: à droite.

Au primaire, les exigences vis-à-vis des élèves sont peu nombreuses et concentrées sur la mémorisation de savoirs propositionnels («l'élève décrit...», «l'élève sait que...» sur la Figure 3 à gauche). Au secondaire (Figure 3 à droite), l'élève est supposé exercer des compétences de modélisation: il doit être capable de construire, d'utiliser ou d'enrichir des modèles scientifiques pour expliquer et prévoir des faits du monde empirique. Cette prégnance de la modélisation se retrouve dans l'entièreté du Plan d'études du secondaire, en se déclinant suivant le thème considéré («modèle de la réaction chimique», «modèle trichromique», «modèle circulatoire du courant», «modélisation des chaînes de transfert d'énergie», etc.). La focalisation sur l'usage de ce terme présente la particularité de maintenir ensemble, dans un mouvement intégratif, constructions théoriques, savoir-faire propres aux sciences et faits expérimentaux. Sur ce point, il existe donc une discontinuité entre les exigences attendues des élèves au primaire, d'une part et au secondaire inférieur, d'autre part. Nous y revenons plus bas dans la discussion.



Discussion des résultats à la lumière des caractéristiques des programmes français

La transition primaire-secondaire dans l'enseignement des sciences physiques en France

Brève présentation de l'organisation des programmes français de 2008/2012

En France, au primaire supérieur, le domaine disciplinaire lié aux savoirs scientifiques est intitulé «Sciences expérimentales et technologie». Au secondaire inférieur, il existe trois disciplines scientifiques: «Physique-Chimie», «Sciences de la Vie et de la Terre» (SVT) et «Technologie», enseignées chacune par un enseignant ayant une formation spécialisée dans le domaine. Les découpages disciplinaires scolaires, au secondaire du moins, sont donc plutôt calquées sur les découpages des disciplines académiques, hormis dans le cas de la technologie, qui puise dans des références très fragmentées (voir Lebeaume, 2003).

Quant au savoir à enseigner, il est communiqué aux enseignants à travers des textes qui sont publiés dans le Bulletin officiel du Ministère de l'éducation nationale. Il est important de remarquer que les textes curriculaires relatifs au primaire et au secondaire sont totalement indépendants l'un de l'autre. Par ailleurs, c'est à l'enseignant que revient le choix des moyens et manuels qu'il souhaite pour atteindre les objectifs qui lui sont demandés par les textes officiels.

Les préambules : enjeux de l'enseignement scientifique

En France, puisque les textes curriculaires relatifs au primaire et au secondaire sont indépendants, il existe donc deux préambules différents s'attachant à décrire les enjeux de l'enseignement des sciences. Cependant, ils partagent assez de similarités pour que nous puissions résumer ci-dessous de façon globale ces enjeux.

Au primaire et au secondaire, les objectifs de l'enseignement des sciences de la nature concernent l'élucidation des évènements du monde naturel à l'aide des concepts scientifiques, la maîtrise d'une démarche d'investigation, mais aussi la prise de conscience de l'impact des décisions quotidiennes à une échelle individuelle (santé, sécurité, etc.) et collective (environnement naturel) et enfin la compréhension des tenants et aboutissants des controverses sociétales liées aux sciences et technologies (réchauffement climatique, crise énergétique, etc.). Ils sont complétés par des objectifs mineurs : maîtrise de la langue française, pratique d'une langue vivante étrangère, développement de l'utilisation de l'outil informatique, etc. Les objectifs développés sont contrastés et nombreux.

Nous nous demandons à présent quelle est la portée de cette diversité d'objectifs dans le reste du programme, au primaire et au secondaire. Au primaire, la situation est plutôt ambiguë. La structure des items ainsi que la présence de listes de vocabulaire à connaître démontrent que la priorité de



l'enseignement des sciences à l'école primaire est à chercher du côté de la maîtrise de savoirs propositionnels et d'un lexique spécifique au domaine. Cependant, une partie non négligeable des thèmes abordés en sciences expérimentales concerne l'environnement et le développement durable : les déchets, le circuit de traitement de l'eau, les pollutions de l'air comptent parmi les sujets abordés. Ceux-ci sont susceptibles d'être traités en classe avec un regard orienté vers les problématiques quotidiennes et sociétales liées aux sciences et techniques.

Au secondaire, le corps du programme est constitué d'une progression thématique des enseignements/apprentissages, qui se présente sous la forme d'un tableau à trois colonnes qui met en regard des «Connaissances», des «Capacités» et des «Commentaires» à destination des enseignants. Ce tableau s'avère très restrictif quant aux exigences attendues des élèves et se limite au développement de «connaissances» et de «capacités» relatives à la sphère institutionnelle scientifique : les enjeux relatifs aux décisions quotidiennes et aux problématiques sociétales disparaissent.

En conclusion, au secondaire français, il existe un décrochage entre les enjeux diversifiés de l'enseignement scientifique annoncés dans les préambules du programme et les enjeux d'ordre strictement académiques dans le corps du programme. Une cohérence apparaît davantage envisageable au primaire, à condition que l'enseignant n'en reste pas à une mémorisation des savoirs propositionnels et qu'il s'engage dans le traitement de problématiques quotidiennes et sociétales liées aux sciences et techniques. La situation est donc très similaire à celle de la Suisse Romande, autant au primaire qu'au secondaire : nous analysons cette convergence ci-dessous.

Continuité de la «démarche d'investigation» au primaire et au secondaire inférieur

Malgré la scission des textes curriculaires des deux niveaux, la démarche d'investigation (DI) reste un fil conducteur présent aussi bien dans le programme du primaire que celui du secondaire français. Ceux-ci explicitent en détail l'opérationnalisation de la démarche d'investigation. Ils proposent une mise en place qui suit un déroulement en plusieurs étapes consécutives :

- «Le choix d'une situation-problème par le professeur (en amont de la classe)
- L'appropriation du problème par les élèves
- La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles
- L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves
- L'échange argumenté autour des propositions élaborées
- L'acquisition et la structuration des connaissances» (MEN 2008b, p. 4)

La démarche d'investigation est donc présentée comme une succession d'étapes qui s'organisent dans le but de répondre à un problème soulevé par une situation de départ. La succession des étapes prescrite fait écho à une



forme de démarche hypothético-déductive. L'ensemble des étapes forme une démarche globale et cohérente, qui est censée permettre de résoudre le problème initial. Les élèves semblent avoir à leur charge la majeure partie de l'avancement de l'investigation. En conséquence, les fonctions de l'enseignant se trouvent modifiées par rapport au schéma classique de l'enseignement par transmission directe des résultats scientifiques : désormais, son rôle semble se limiter à la proposition de situation-problème pertinentes en début d'investigation, à l'organisation de débats et à l'institutionnalisation des connaissances nouvellement acquises en fin d'investigation. Entre temps, il est attendu que les élèves se comportent comme des «apprentis scientifiques» sous le guidage discret de l'enseignant. Enfin, il est demandé à l'enseignant de faire émerger les conceptions initiales des élèves : les résultats de l'expérimentation sont alors censés permettre de déterminer leur validité et de les dépasser le cas échéant.

Convergences et divergences entre le PER et les programmes français

Les configurations thématiques du PER

En France, au secondaire du moins, les découpages des disciplines des sciences de la nature suivent plus ou moins les découpages académiques (Physique-Chimie, Sciences de la Vie et de la Terre, Technologie). En Suisse Romande, de nouvelles dénominations apparaissent dans le plan d'études de 2010: Phénomènes Naturels et Techniques, Corps humain et Diversité du vivant. La disparition (ou la non-évocation) de la physique, la chimie ou la biologie pour désigner les domaines de savoir à enseigner jusqu'à la fin du secondaire inférieur n'est pas anodine. Nous faisons l'hypothèse qu'elle est en partie liée à une volonté des concepteurs du Plan d'études de construire un curriculum en continuité sur les trois cycles, englobant le primaire et le secondaire inférieur (quand bien même les enseignants n'ont pas la même formation). Reste que les contenus d'un même sous-domaine subissent une évolution tout au long de l'école obligatoire : au cycle 1, ils sont centrés sur l'expérience quotidienne de l'élève et, d'un point de vue disciplinaire, entremêlent des contenus pouvant relever de divers domaines. Au cycle 3, ils sont resserrés autour d'une discipline académique donnée : ainsi, le sous-domaine «Phénomènes naturels et techniques» se limite aux savoirs issus de la physique et de la chimie strictement. Cette évolution se comprend en considérant le poids des usages et des contraintes de chaque cycle d'enseignement. La polyvalence des enseignants, qui donne sa spécificité à l'école primaire, est censée favoriser la mise en œuvre de démarches interdisciplinaires (Philippot, 2013). Par ailleurs, il semble difficile de projeter les élèves de 4-8 ans dans une entrée disciplinaire qui isolerait des phénomènes à étudier pour eux-mêmes : le cycle 1 est caractérisé par une exigence de continuité entre le monde personnel de l'enfant et les œuvres disciplinarisées du monde culturel. Inversement, l'enseignant du secondaire conçoit prioritairement sa mission à travers le filtre de sa propre formation universitaire, c'est-à-dire axée sur une discipline donnée, parfois vécue comme un territoire à défendre.



Ces raisons, couplées à la volonté affichée du PER de mise en cohérence des trois cycles, éclairent en partie la configuration des savoirs liés au monde physique au sein du domaine des sciences de la nature au primaire, d'une part et au secondaire, d'autre part. Elles demandent sans doute à être explorées plus avant, mais pour l'heure, nous retenons que le découpage présenté dans le PER ne saurait être qualifié d'embrée de «disciplinaire». Il y a là un tournant par rapport aux précédents plans d'étude dans les cantons romands, ou d'autres curriculums en vigueur dans d'autres pays, qui appelle une réflexion approfondie concernant le message qui est ainsi envoyé aux enseignants de primaire comme du secondaire, et aux concepteurs des Moyens d'enseignement.

Décrochage entre les enjeux de l'enseignement des sciences dans les préambules et dans le reste des curriculums au secondaire

Au secondaire, il apparaît un point commun entre les deux contextes : il s'agit du décalage apparent entre les commentaires généraux qui promeuvent un enseignement des sciences ouvert sur des aspects relatifs à la vie quotidienne et aux controverses sciences-société et un corps du plan d'études ou du programme dans lesquels ces aspects disparaissent pour laisser la place à un enseignement purement académique.

La récurrence de cet effet dans les deux contextes interroge sur les racines éventuellement communes à ce phénomène. Une analyse a été menée ailleurs sur ce point (Marty, Venturini et Almqvist, 2018) : les deux systèmes éducatifs s'inscrivent pleinement dans la vision de l'éducation de la philosophie des Lumières (Kintzler, 1984 ; Hofstetter, 1998), et notamment celle de «l'instruction publique» de Condorcet. Dans ce cadre, l'objectif primordial de l'enseignement est de former les élèves à l'exercice de leur propre raisonnement en leur transmettant des connaissances scientifiques, philosophiques, littéraires et historiques. Selon ce point de vue, le système scolaire devrait se limiter à donner aux élèves un ensemble d'outils intellectuels qui formeront la base de leur autonomie et de leur émancipation en tant que citoyens :

[Selon Condorcet], le système scolaire devrait être indépendant de tout pouvoir politique ou groupe de pression de la société civile. Il ne devrait pas chercher l'utilité immédiate (...). La transmission de la connaissance, qui est la responsabilité du gouvernement public prévaut sur l'éducation morale qui devrait rester une affaire privée. (Eliard, 1993, p. 59-60).

Condorcet fait donc la distinction entre l'«instruction publique» dont l'objectif est l'usage de la raison, et qui, selon lui, est la seule à relever des prérogatives de l'école et l'«éducation» qui appartient au domaine des valeurs morales, politiques et religieuses. Cette vision a été l'inspiration principale des valeurs fondatrices de «l'école républicaine» tout au long du 19^e siècle en France et en Suisse Romande (Buisson 2012; Dubois 2002), même si le succès de sa mise en œuvre reste sujet à débat (Lelièvre 2002; Hofstetter & Perisset Bagnoud, 1998).



Dans ce contexte, le décrochage observé dans les textes institutionnels entre les préambules et le corps des textes curriculaires peut s'interpréter comme une tentative de conciliation entre des arrière-plans politiques contradictoires : d'une part, les orientations des politiques éducatives à l'échelle européenne encouragent le développement d'une culture scientifique (« scientific literacy ») qui ne serait plus l'apanage des découpages disciplinaires « académiques » et dans laquelle les débats à l'interface sciences-société ont une place importante ; d'autre part, les traditions de l'enseignement dans les pays francophones restent fondées sur une conception de l'école qui transmet un corps de savoirs « déjà-là » au futur citoyen, afin qu'il puisse exercer plus tard son jugement dans l'espace social.

Démarche d'investigation en France, démarche scientifique et modélisation en Suisse Romande : Des références contrastées

En France, la démarche d'investigation se présente comme un ensemble d'étapes s'initiant à l'occasion d'un problème et aboutissant à l'institutionnalisation de nouvelles connaissances, le tout formant un ensemble cohérent. Au cours de la démarche, les élèves sont censés former des hypothèses, puis imaginer un protocole permettant de valider ou invalider les hypothèses, le mettre en œuvre, et enfin interpréter les résultats.

Les références à l'œuvre derrière cette présentation sont multiples :

- À la suite de l'importation de la méthode « Hands-On » rebaptisée « Main à la pâte » par Georges Charpak en 1996, le Plan de Rénovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (PRESTE, 2000) assume que les élèves doivent « construire leur apprentissage en étant acteurs des activités scientifiques ». Dans la foulée, le rapport Rocard (2007), commandé par la direction générale de la recherche de la Commission Européenne, hisse l'investigation scientifique au rang de mode d'activité préférentiel des élèves en classe de sciences. Il est possible de percevoir dans ce renversement des positions de l'enseignant et des élèves, l'empreinte d'une certaine approche philosophique, portée par divers penseurs et pédagogues en faveur de méthodes actives pour l'apprentissage, dans le cadre des mouvements pour l'Éducation nouvelle (E. Claparède, M. Montessori, A. Ferrière, C. Freinet, J. Dewey, J. Piaget, etc.). Ces approches ont théorisé la nécessité de la participation active de l'élève à son propre apprentissage. Elles promeuvent l'exploration du réel par le questionnement personnel, la recherche autonome, la prise d'initiatives, la formulation d'explications, le tâtonnement expérimental : la connaissance est issue de l'action menée par l'élève et l'enseignant a pour mission d'organiser cette action. La démarche d'investigation du programme français, en marquant le rôle actif de l'élève qui doit porter à sa charge l'essentiel de l'investigation, porte l'héritage de ces approches qui tentent de renouveler les méthodes pédagogiques de l'enseignement des sciences.
- D'autre part, la succession des étapes de la démarche d'investigation (situation-problème, émission d'hypothèses, élaboration d'expériences pour tester les hypothèses et enfin validation ou invalidation des hypothèses



d'après les résultats de l'expérience) présente des similitudes avec celles de la méthode hypothético-déductive telle que développée par Bernard (1865) et des démarches reconstruites pour la salle de classe d'inspiration hypothético-déductive (OHERIC, DiPHTeRIC, etc.).

- Enfin, les conceptions des élèves, que l'enseignant est censé prendre en compte au cours de la démarche, s'insèrent dans la théorie du changement conceptuel, elle-même en filiation avec une certaine psychologie du développement cognitif.

Au final, c'est l'hybridation entre ces différentes influences (les «méthodes actives», la transposition de la démarche scientifique comme réplication d'un modèle hypothético-déductif de référence et la théorie du changement conceptuel) qui donne lieu à la démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes français, au primaire et au secondaire inférieur.

En Suisse Romande, la démarche scientifique se présente de façon sensiblement différente : il s'agit davantage d'une série de compétences, que d'une démarche globale. Elle ne fournit pas d'ordre particulier ni de mode d'emploi contraignant l'utilisation de ces différentes compétences pour engager un processus de reconstruction des savoirs en classe. Cette présentation élémentarisée de la démarche scientifique nous permet de l'assimiler à l'approche axée sur les compétences méthodologiques développée à partir des airs de famille entre les différentes disciplines scientifiques présentées ci-dessus. Selon ce point de vue, la démarche scientifique est découpée en briques élémentaires et rien n'est imposé quant à l'ordre, l'imbrication, la relation de causalité ou même la présence de ces briques élémentaires au sein d'une discipline scientifique donnée. Cette présentation laisse un champ de manœuvre important pour l'enseignant qui a carte blanche pour aménager le travail des compétences dans sa classe. Au final, la démarche scientifique (DS) suisse-romande et la démarche d'investigation (DI) française pourraient bien ne pas faire appel aux mêmes références épistémologiques et didactiques.

En revanche, derrière l'exigence que le Plan d'études suisse-romand place sur l'utilisation des modèles théoriques pour prévoir ou expliquer des phénomènes physiques, on peut reconnaître l'influence des travaux didactiques sur la modélisation au secondaire que nous avons exposés précédemment (Tiberghien, 1994; Séré, 1992; Larcher et al., 1990, etc.) : ces travaux défendent l'idée que la modélisation, définie comme la mise en lien des constructions théoriques et des faits expérimentaux, est au cœur de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences, à l'appui d'ingénieries didactiques spirales. Il est intéressant de constater que ce choix n'a pas d'équivalent en France. En effet, le programme français emploie peu le terme de modèle ou de modélisation, même sur les thématiques relatives à la matière où les chercheurs francophones en didactique des sciences l'utilisent beaucoup : le programme français évoque plutôt la «description moléculaire» de la matière (MEN, 2008b, p. 17). Par conséquent, la focale placée sur la modélisation semble être une particularité du Plan d'études romand : ses concepteurs ont choisi de s'emparer de références didactiques particulières, non exploitées dans la construction des programmes en France.



Conclusion

En première lecture, il serait tentant de reconnaître une proximité importante entre les textes curriculaires français et suisses-romands, autant au niveau du primaire que du secondaire. Dans les deux contextes, en sciences, il est souvent question d'engager les élèves dans une posture active où ils possèdent une certaine marge d'autonomie, de valoriser une approche de questionnement, de résolution de problèmes, d'investigation, de mise en perspective citoyenne. Nous avons essayé d'aller au-delà de cette vision globale pour montrer comment ces termes ou expressions sont différemment configurés dans chacun des textes curriculaires des deux contextes étudiés, en regard des références épistémologiques et didactiques disponibles.

En sciences, certaines convergences entre les deux textes prescriptifs (par exemple, le décrochage des enjeux au secondaire) laissent présager des racines communes (notamment, des tensions entre des orientations éducatives contradictoires). D'un autre côté, l'analyse croisée a permis d'établir des nuances suffisamment significatives dans la configuration des curriculums pour permettre d'établir la disparité de certaines références, notamment au niveau des découpages disciplinaires, de la démarche scientifique, de la démarche d'investigation et de la modélisation.

Les concepteurs des curriculums suisses-romands et français ont potentiellement accès aux mêmes références (didactiques, pédagogiques, politiques, etc.) au moment de rédiger les textes curriculaires. Notre analyse tend à montrer que des références similaires voire identiques ne poussent pas forcément les deux contextes vers des évolutions semblables en termes de curriculum prescrit. Plusieurs raisons peuvent être invoquées. D'abord, l'insertion institutionnelle des concepteurs de curriculums peut être contrastée dans les deux situations (enseignants, formateurs d'enseignants, didacticiens, chercheurs en sciences de l'éducation, scientifiques, représentants étatiques, etc.), ce qui est susceptible d'orienter leur regard et de leur faire privilégier certaines références au détriment d'autres. Ensuite, les contextes d'introduction des deux curriculums diffèrent : l'introduction du PER avait pour enjeu l'harmonisation des prescriptions de l'école obligatoire dans toute la Suisse Romande, harmonisation qui se devait de prendre en compte et d'intégrer certaines spécificités cantonales. Cette situation particulière ne se retrouve pas en France dont les programmes sont depuis longtemps nationaux et définis de manière descendante. D'autres facteurs, à déterminer, président sans doute aux différences mises en évidences entre les curriculums.

Les conséquences de ces résultats, au plan des conditions pour l'enseignement et l'apprentissage qu'ils mettent en place, sont en cours d'exploration (Marty, 2019). Nous faisons l'hypothèse qu'ils permettront de mieux rendre compte des spécificités des pratiques professionnelles des enseignants.

Nous soulignons que les orientations fines des textes curriculaires n'ont pu se révéler qu'à travers la comparaison des configurations des savoirs des sciences physiques dans les deux textes curriculaires. En se donnant des moyens de décentration à travers l'analyse d'un autre contexte, le regard



comparatiste permet de mettre en évidence des dimensions qui pourraient passer inaperçues, car semblant aller de soi dans le fonctionnement d'un système donné. Il constitue donc un moyen efficace pour discerner les choix de transposition. Ceux-ci apparaissent alors comme des «possibles parmi d'autres possibles» (Chevallard, 2007): cet exercice de problématisation des injonctions institutionnelles s'avère essentiel pour que vive une diversité de pratiques d'enseignement qui s'enrichissent les unes des autres, au lieu de se réifier par l'impulsion de «bonnes pratiques» standardisées sous la houlette des politiques globales, et dont les chercheurs se font parfois les vecteurs malgré eux, dans le cadre de l'internationalisation de la recherche.



Références

- Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris, France : J. B. Baillière et fils.
- Buisson, F. (2012). *Nouveau dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire*. Paris, France : Théolib. Repéré à <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/>
- Cariou, J.-Y. (2010). Les opinions vulnérables, tremplin vers le savoir. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 1, 67-92.
- Chalmers, A. F. (1976/1982). *Qu'est-ce que la science ?* (traduction 1987). Paris, France : La Découverte.
- Chevallard, Y. (2007). Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique. Conférence plénière au premier congrès international sur la théorie anthropologique du didactique. Dans L. Ruiz-Higueras, A. Estepa, & F. Javier García (dir.), *Sociedad, Escuela y Matemáticas. Aportaciones de la Teoría Antropológica de la Didáctico* (p. 705-746). Jaén, Espagne : Universidad de Jaén.
- Chevallard, Y. (1985/1991). *La transposition didactique* (Réédition 1991). Grenoble, France : La pensée sauvage.
- Compétences transversales (CT) (2011). Plan d'études romand (PER). Neuchâtel, Suisse : CIIP. Repéré à http://www.plandetudes.ch/documents/10273/36379/CT_PER_BROCHURE_PG-6.pdf
- Dubois, P. (2002). *Le dictionnaire de Ferdinand Buisson : aux fondations de l'école républicaine (1878-1991)*. Berne, Suisse : Peter Lang.
- Eliard, M. (1993). Sociologie et éducation. De Condorcet à Durkheim. *Revue française de pédagogie*, 104, 55-60.
- Feyerabend, P. (1979). *Contre la méthode*. Paris, France : Éditions du Seuil.
- Formation générale (FG) (2011). Plan d'études romand (PER). Neuchâtel, Suisse : CIIP. Repéré à <http://www.plandetudes.ch/web/guest/pg2-fg>
- France : Ministère de l'Éducation Nationale (5 janvier 2012). Ressources en sciences expérimentales et technologie (CE2 - CM1 - CM2). Bulletin officiel, 1. Repéré à http://media.education.gouv.fr/file/1/58/7/programmes_ecole-primaire_203587.pdf
- France : Ministère de l'Éducation Nationale (19 juin 2008a). Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire (CE2 - CM1 - CM2). Bulletin officiel, hors-série 3. Repéré à http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CE2_CM1_CM2.htm
- France : Ministère de l'Éducation Nationale (28 août 2008b). Programme de Physique-Chimie au collège, Bulletin officiel spécial, 6. Repéré à http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf
- France : Ministère de l'Éducation Nationale (15 juin 2000). Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école. Bulletin officiel, 23. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm>
- Genzling, J.-C. (1988). Les modèles particulaires. *Aster*, 7, 53-70.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris, France : Belin.
- Hofstetter, R. (1998). Les lumières de la démocratie: histoire de l'école primaire publique primaire à Genève au XIXe siècle. Berne, Suisse : P. Lang.
- Hofstetter, R., & Perisset Bagnoud, D. (1998). L'école de la démocratie : "Éducation nationale" ou "Instruction publique" ? Les projets pédagogiques de Genève et du Valais (1838-1874) questionnés à partir du modèle théorique de Condorcet. *Education et recherche*, 20(3), 402-418.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.
- Johnsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster*, 8, 29-54.
- Johnsua, S., & Dupin, J.-J. (1986). Is the systematization of hypothetico-deductive reasoning possible in a class situation? *European Journal of Science Education*, 8(4), 381-388.
- Kintzler, C. (1984). Condorcet, l'instruction publique et la naissance du citoyen. Paris, France : Gallimard.
- Kuhn, T. S. (1962). *La structure des révolutions scientifiques* (traduction 1970, réédition 1983). Paris, France : Flammarion.
- Lakatos, I. (1994). *Histoire et méthodologie des sciences*. Paris, France : Presses Universitaires de France.
- Larcher, C., Chomat, A., & Meheut, M. (1990). À la recherche d'une stratégie pédagogique pour modéliser la matière dans ses différents états. *Revue française de pédagogie*, 93(1), 51-61.



- Lebeaume, J. (2003). Construction de la technologie pour l'école moyenne en France : un aperçu historique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(1), 83-99.
- Lelièvre, C (2002). Jules Ferry, des repères brouillés. *Communications*, 72, 141-158.
- Martinand, J.-L. (1986). Connaitre et transformer la matière : des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques. Berne, Suisse : P. Lang.
- Martinand, J.-L. (1992). Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences. Paris : INRP.
- Martinand, J.-L. (2014). Didactique des sciences et techniques, didactique du curriculum. *Education & didactique*, 8(1), 65-76.
- Marty, L., Venturini, P., & Almqvist, J. (2018). Teaching Traditions in Science Education in Switzerland, Sweden and France : a comparative analysis of three curricula. *European Educational Research Journal*, 42(1), 155 - 163.
- Marty, L. (2019). Continuité de l'expérience d'apprentissage et transposition didactique des savoirs dans l'enseignement de la physique. Comparaison internationale dans le cas des propriétés de la matière (Thèse de doctorat en sciences de l'éducation. Université de Genève, Genève, Suisse et Université de Toulouse-Jean Jaurès, Toulouse, France).
- Mathématiques et Sciences de la Nature (MSN 26) (2011). Plan d'études romand (PER). Neuchâtel, Suisse : CIIP. Repéré à http://www.plandetudes.ch/web/guest/MSN_36/
- Mathématiques et Sciences de la Nature (MSN 36) (2011). Plan d'études romand (PER). Neuchâtel, Suisse : CIIP. Repéré à http://www.plandetudes.ch/web/guest/MSN_26/
- Mercier, A. (2002). La transposition des objets d'enseignement et la définition de l'espace didactique, en mathématiques. *Revue française de pédagogie*, 141, 135-171.
- Les objectifs d'apprentissage de l'école primaire genevoise (2000). Genève, Suisse : Département de l'instruction publique de la République et du Canton de Genève.
- Philippot, T. (2013). Les enseignants de l'école primaire et l'interdisciplinarité : entre adhésion et difficile mise en œuvre. Tréma, 39, 62-75.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1941). Le développement des quantités chez l'enfant. Oxford, Royaume-Uni : Delachaux & Niestlé.
- Le Plan d'études de l'enseignement primaire 1E-6P (2007). Genève, Suisse : Département de l'instruction publique de la République et du Canton de Genève.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henricksson, H., & Hemmo, V. (2007). L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe. Commission Européenne, Direction de la Recherche. Repéré à http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocardon-science-education_fr.pdf
- Séré, M.-G. (1992). Guider le raisonnement d'élèves de collège avec des modèles particulaires de la matière. *Aster*, 14, 77-102.
- Soler, L. (2009). Introduction à l'épistémologie. Paris, France : Ellipses.
- Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instruction*, 4(1), 71-87.