
La « réflexivité » : une compétence transversale dans la formation des enseignants ?

Is reflexivity a cross-curricular competence in teachers training?

Marie-Noëlle Hindryckx et Maggy Schneider



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ree/807>

DOI : 10.4000/ree.807

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Ce document vous est offert par Université de Liège



Référence électronique

Marie-Noëlle Hindryckx et Maggy Schneider, « La « réflexivité » : une compétence transversale dans la formation des enseignants ? », *Recherches en éducation* [En ligne], 37 | 2019, mis en ligne le 01 juin 2019, consulté le 06 novembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/ree/807> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.807>



Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

La « réflexivité » : une compétence transversale dans la formation des enseignants ?

Marie-Noëlle Hindryckx & Maggy Schneider¹

Résumé

En Belgique francophone, un décret sur la formation des enseignants précise un ensemble d'objectifs et d'attitudes que doit viser tout dispositif didactique conçu pour les préparer à leur futur métier. Cet ensemble est largement dicté par le modèle du « praticien réflexif » capable de « porter un regard réflexif sur sa pratique » pour adapter son enseignement aux circonstances par un « va-et-vient » permanent entre théorie et pratique. Deux analyses didactiques au niveau de l'enseignement secondaire, concernant les sciences biologiques et les mathématiques, nous permettent de pointer des connaissances liées à l'épistémologie des savoirs concernés et dont l'absence de maîtrise, chez les élèves-professeurs en formation initiale, les empêche de faire preuve de réflexivité pour choisir une méthode d'enseignement et surtout l'alimenter de manière appropriée. À travers la réflexivité, nous questionnons ici le concept de compétence transversale et sa « sensibilité » aux connaissances plus proprement disciplinaires, en espérant apporter des éléments dans le débat déjà engagé à ce propos, que ce soit au sujet d'apprentissages disciplinaires ou dans la formation professionnelle.

Depuis des décennies, le thème du praticien réflexif est devenu central en matière de formation professionnelle des enseignants de tout niveau. Dans une première section, nous décrivons ce que l'on entend par là, en expliquant les raisons qu'il y a de considérer la « réflexivité » comme une compétence transversale. Nous situons ensuite, à la deuxième section, cette compétence dans le débat que suscite actuellement le concept même de compétence transversale, tout en décrivant ce que le regard propre aux didactiques disciplinaires peut apporter à ce débat, en termes de cadres théoriques et méthodologiques. Enfin, dans une troisième et une quatrième section, nous illustrons, à travers l'enseignement de la biologie et celui des mathématiques, les connaissances épistémologiques liées à ces disciplines que suppose la réflexivité dans le choix et la mise en œuvre d'une méthode d'enseignement inspirée du socioconstructivisme. Nos observations montrent que l'absence de telles connaissances hypothèque la mise en œuvre de cette méthode en donnant lieu, par défaut, à des pratiques d'ostension qui s'opposent au paradigme d'enseignement souhaité. C'est ce qu'explique la conclusion en faisant apparaître que, dans la mise en œuvre d'une méthode pédagogique, la réflexivité est tributaire de savoirs épistémologiques propres à la discipline enseignée et donc non transversale.

1. La réflexivité candidate « compétence transversale » ?

C'est en 1983 que Donald Schön introduit le paradigme du praticien réflexif dans lequel Léopold Paquay et al. (2006) voient une réponse globale à la question : « De quelle nature sont les compétences de l'enseignant-expert ? » Conformément à l'avis de Philippe Perrenoud (1994), ces chercheurs estiment que cette question « n'est pas d'ordre taxonomique (Comment se structureraient les types de savoirs ?), mais d'ordre fonctionnel : comment les « savoirs » divers [savoirs pratiques et théoriques tant disciplinaires que pédagogiques] sont-ils mobilisés par l'enseignant expert lorsqu'il conçoit, structure, gère, ajuste et évalue son intervention ? » (Paquay & al., 2006, p.17). Nous pensons que notre propos est susceptible d'étayer cette position.

Ce paradigme est largement relayé en Europe, entre autres par les sociologues de l'éducation (dont Perrenoud) et constitue une véritable révolution sur le terrain de la formation, ainsi qu'en

¹ Marie-Noëlle Hindryckx, chargée de cours, Service de didactique des sciences biologiques, Université de Liège (Belgique). Maggy Schneider, professeure émérite, Service de didactique des mathématiques (LADIMATH), Université de Liège.

témoigne Richard Étienne dans la recension qu'il fait de Perrenoud (2001) publiée en 2002 dans le n°403 des *Cahiers pédagogiques* : « [L'auteur] propose ici un nouveau but : développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. De fait, les enseignants réfléchissent déjà tout au long de leur action et leurs formateurs connaissent ou évoquent souvent la figure emblématique du praticien réflexif issue des écrits de Schön. Or, c'est là que le bât blesse : comment passer de l'évocation, de la prescription, de l'injonction à la pratique ? Comment développer une posture réflexive chez l'enseignant et chez le formateur ? Bien des éléments du système universitaire incitent à un flou d'autant plus grand qu'il faudrait le revoir de fond en comble et fonder à nouveaux frais la formation, initiale comme continue » (Étienne, 2002).

En Belgique, le décret « Missions » (CFB, 2001)² stipule, en matière de formation des enseignants, un ensemble d'objectifs que doit viser tout dispositif didactique conçu pour les préparer à leur futur métier. Parmi ces objectifs, on peut lire : « Porter un regard réflexif sur sa pratique ». Il s'agit là d'un thème dont on observe une certaine récurrence dans l'ensemble du décret où, tantôt on souligne l'intérêt de « mobiliser des connaissances en sciences humaines pour une juste interprétation des situations », tantôt on situe par-là l'intérêt de l'analyse de pratiques : « Les séminaires d'analyse des pratiques offrent aux étudiants un ensemble d'activités susceptibles de faire émerger des compétences et attitudes professionnelles et un regard réflexif sur celles-ci ». Et, comme analysé dans un bilan de la mise en application de ce décret (Frenay & Maroy, 2004), le champ d'opérationnalisation de la réflexivité est très large, s'exerçant, toutes disciplines confondues, aussi bien dans le choix d'une méthode d'enseignement et sa mise en œuvre que dans la rédaction d'outils d'évaluation. Sans doute serait-ce là une condition suffisante pour qualifier la réflexivité de « compétence transversale » ?

Au-delà, bien d'autres raisons permettent d'étayer cette position, parmi lesquelles les vertus prêtées à la réflexivité de façon indifférenciée dans une pratique (d'enseignement entre autres). Une telle position, globalisante, met en avant aussi bien les dimensions affectives qu'intellectuelles de la réflexivité dont la nécessaire articulation fait l'objet d'un consensus des chercheurs, même si les recherches des uns et des autres se focalisent davantage sur l'une ou l'autre de ces dimensions. Ainsi, Jacqueline Beckers (2009) résume les travaux portant sur la réflexivité autour de deux pôles. D'une part, la « construction identitaire » du futur professeur, qui supposerait le développement de compétences liées à une certaine introspection personnelle assez chargée émotionnellement, telles que « la capacité du formé à distinguer sa personne de sa fonction, à gérer sa subjectivité dans la perception du "réel", à accepter de modifier ses propres images de soi ou ses pratiques, à créer de nouvelles pratiques... » (p.7). D'autre part, la réflexivité relèverait aussi d'une forme de conceptualisation : principalement, savoir repérer dans plusieurs situations des invariants et des spécificités, comme le font les professionnels, et ainsi résoudre une nouvelle situation en s'inspirant de ce qui a été fait dans des situations analogues déjà vécues.

Pour étayer la nécessité d'une telle conceptualisation, Beckers (*ibid.*) s'appuie sur les travaux de Guy Le Boterf : « Coupler une démarche de conceptualisation explicite à l'agir en situation est une condition essentielle pour généraliser l'action : les travaux de Le Boterf (2000, p.8) ont montré que le transfert ne se fait pas de pratique à pratique, mais qu'il nécessite le passage par une théorisation, une réflexion systématisée sur les actions entreprises ». Une telle démarche suppose plus que la répétition de l'action : c'est une abstraction réfléchissante au sens de Jean Piaget, laquelle porte sur l'action menée par le sujet et non plus seulement sur les caractéristiques de l'objet. On comprend le rôle prêté au travail de debriefing en aval de l'action : « Car c'est à ce moment-là que s'opère la conceptualisation de la situation sous sa forme pragmatique et que les acteurs découvrent, après-coup, avec le sens de leurs erreurs, l'articulation entre équilibres de base, indicateurs et régimes de fonctionnement (Pastré, 2002, cité par Beckers, 2009, p.5). Mais il ne faut pas pour autant négliger un travail en amont de l'action qui permet, selon l'expression de Perrenoud (1994), d'armer l'observation de l'acteur : « Pour éviter une imprégnation socialisante trop exclusive par la culture locale, un travail en amont sur l'espace de référence est déterminant. Son objectif serait d'alerter "l'environnement cognitif" du sujet pour que la confronta-

² Décret définissant la formation initiale des agrégés de l'enseignement secondaire supérieur, M.B. 22-02-2001, articles 3 & 8 § 2.

tion au champ réel de l'activité se passe sur un mode réflexif plutôt "qu'imprégnatif" » (Beckers, 2009, p.7).

Sans récuser aucun de ces avis sur la réflexivité, nous estimons que ce regard croisé manque globalement de références aux spécificités épistémologiques de la discipline concernée, d'où sans doute le risque de la cataloguer de compétence transversale. Mais cette possible qualification interroge le concept même de compétence transversale qui fait débat. Dans la section suivante, nous expliquons en quoi les didactiques sont porteuses d'outils propres à éclairer ce débat. En même temps, cette section précise le cadre théorique et méthodologique qui nous a servi de référence pour sélectionner et analyser nos données empiriques.

2. Une compétence transversale dans un débat éclairé par la didactique

Ne pouvant rendre compte, en l'espace de ces quelques pages, de l'ensemble des conceptions et des points de vue relatifs au concept de compétence transversale, nous sommes reparties de critiques publiées à son encontre.

Les recherches de Bernard Rey (1996) mettent en évidence le caractère illusoire du concept même de compétence transversale supposé charrier toutes les promesses de « transfert » des apports d'une formation à des situations rencontrées par les formés en dehors de celle-ci. D'abord, dans les formations professionnelles dans le contexte du marché du travail qui requiert de plus en plus de formés susceptibles de s'adapter à l'évolution des technologies, aux tâches complexes, au changement d'emploi, à la mobilité... Mais aussi, dans la formation scolaire dont on espère des retombées, chez les élèves, en termes de savoir-faire ou d'attitudes, non seulement au cours de leur scolarité mais « tout au long de leur vie ». Pour Rey (1996), la « transversalité » doit être pensée en termes « d'intentions », le transfert d'une compétence par un individu à une situation donnée relevant avant tout du sens que cet individu attribue à cette situation. Comme le montrent Daniel Bart et Bertrand Daunay (2016), cet aspect suffit à expliquer le caractère illusoire d'évaluations internationales comme le PISA, qui arrive miraculeusement à évaluer hors contexte des compétences contextualisées....

Selon le modèle de Beckers (2002), le concept de « famille de tâches » a été avancé pour pallier les écueils liés aux compétences transversales en milieu scolaire. Il a du reste sans doute inspiré la rédaction d'outils d'évaluation des compétences terminales (fin de Lycée) dans le cadre du Décret « Missions ». Le concept de tâche est pris au sens des ergonomes et des théories de l'activité (par exemple, Leplat & Hoc, 1983), d'un but à atteindre dans des conditions précisées ; l'idée de famille suggère que plusieurs tâches peuvent avoir une parenté telle que le travail fait sur l'une d'elles favorise l'exécution d'une autre tâche de la même famille. Cependant, comme l'analyse Maggy Schneider (2006a), dans certains de ces outils d'évaluation comme ceux relatifs à la formation historique, les familles de tâches sont formulées, pour beaucoup, en termes de... compétences transversales ou peu s'en faut : *Se poser des questions, Établir une synthèse et Formuler une hypothèse explicative... Communiquer un savoir historique*. En sciences, la part belle a été faite à la méthode généraliste OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion), pourtant décriée par les épistémologues des sciences, en ce qu'elle suppose une possible observation neutre et objective (Fourez, 1988). Et, dans cette perspective, les familles de tâches étaient, elles, interchangeables d'une science à l'autre. Quant aux mathématiques, l'insistance a été mise sur la résolution de problèmes à travers ses aspects méthodologiques généraux (lecture de l'énoncé...) et a occulté, ainsi que l'analyse Maggy Schneider (2006a, 2006b), une approche plus crédible de cette compétence à travers une « catégorisation » des problèmes autour de savoirs mathématiques et des méthodes de résolution spécifiques que ceux-ci autorisent. Par ailleurs, cette chercheuse (Schneider, 2004) illustre les formes très spécifiques que prennent, en mathématiques, des compétences qualifiées de transversales telles que *Faire preuve d'esprit critique, Formuler et valider des hypothèses, Communi-*

Mais le concept de compétence transversale est aussi critiqué en matière de pratiques et de formation professionnelle des enseignants. Ainsi, dans le domaine des mathématiques, Maggy Schneider et Pierre Job (2016) montrent la difficulté des formés à s'affranchir des idéologies diffuses, en particulier celles qui relèvent d'une façon ou d'une autre du paradigme socioconstructiviste, ce qui les empêche de penser des enseignements épistémologiquement pertinents. Ils montrent en effet, à l'instar de Gisèle Cirade (2006), que la qualité de l'enseignement est, en ce sens, largement tributaire des « mathématiques comme problème professionnel ».

Pour comprendre cela, il convient de se rapporter à ce qui constitue la spécificité des didactiques disciplinaires dans les sciences de l'éducation, à savoir qu'elles sont intrinsèquement liées à une inscription disciplinaire des savoirs et des conditions de leur enseignement. S'y ajoute que, conformément à une certaine prudence scientifique propre aux sciences dites exactes, les didactiques associées ont davantage mis en évidence les conditions sans lesquelles un paradigme d'enseignement donné, ici relevant du socioconstructivisme, constitue un leurre plutôt que prouvé son efficience sur les apprentissages au-delà d'une grande variabilité des paramètres en jeu. C'est ainsi que, en didactique des mathématiques, Guy Brousseau (1998) pointe notamment la nécessité du « caractère fondamental », par rapport au savoir visé, du problème dévolu aux élèves ainsi que celle d'un « milieu » ou ensemble de référents préalables permettant à ceux-ci de s'emparer du problème et d'évaluer eux-mêmes leurs stratégies sans devoir compter sur certains « effets » du contrat didactique. Du côté des sciences et des sciences de la vie et de la Terre en particulier, Christian Orange (2012) met en évidence la nécessaire « problématisation » du savoir : l'activité scientifique est organisée par le travail de problèmes explicatifs, car les savoirs scientifiques ne viennent pas uniquement d'observations ou d'expériences, même si ce sont des éléments essentiels de l'activité scientifique. Pour faire accéder les élèves à de tels savoirs, le travail de la classe doit s'articuler autour de la construction de raisons et, en particulier, de l'identification de nécessités qui sont des conditions de possibilité des modèles explicatifs scientifiques (apodicticité).

De ces quelques éléments de débat, nous retenons la nécessité de penser les questions d'enseignement/apprentissage en les situant au sein des disciplines, ainsi que de leur épistémologie et didactique propres. Ce parti pris n'exclut ni l'interdisciplinarité, ni la possible révision des disciplines scolaires dont Isabelle Harlé (2010) montre qu'elle est tributaire tant de facteurs sociaux que de critères scientifiques. C'est avec ce regard que nous analyserons la réflexivité à l'œuvre chez les enseignants lorsqu'ils choisissent et mettent en œuvre une méthode pédagogique. Touchant là à une activité professionnelle et nonobstant certains usages discutables (on l'a vu) des notions de tâche et de famille de tâches, nous garderons le regard des théories de l'activité, ainsi que la définition de la compétence qu'elles inspirent à Jean-Claude Coulet (2011), soit « une organisation de l'activité » (un schème) « mobilisée et régulée, pour faire face à une tâche donnée dans une situation déterminée ».

Ce cadrage didactique nous inspire une méthodologie qui s'inscrit, à plusieurs égards, dans la méthodologie de recherche qu'est l'ingénierie didactique avant de devenir, éventuellement, une proposition d'enseignement.

Il s'agit de l'analyse *a priori* créée, comme l'explique en substance Michèle Artigue (1990), pour pallier les insuffisances des méthodologies telles que questionnaires, entretiens, tests sur lesquelles se fondait la majeure partie des recherches publiées jusque dans les années 1970. Bien que plus aisées à utiliser et à faire reconnaître comme productrices de résultats scientifiques, ces méthodologies étaient en effet insuffisantes à attraper la complexité du système étudié et, en particulier, à analyser les échanges et les comportements qui, dans les classes, portent sur tel ou tel savoir. Aux yeux des didacticiens, seule une analyse *a priori* permet de distinguer les observations significatives de celles qui relèvent du contingent et permet ainsi une intelligibilité de l'observation, à partir d'hypothèses qu'elle a permis de rendre falsifiables. Cette analyse n'exclut pas, par ailleurs, d'autres méthodes d'investigation basées sur des tests d'hypothèses statistiques confrontant un groupe témoin et un groupe expérimental mais, dans ce cas, elle reste alors essentielle à l'identification des paramètres en jeu effectivement étudiés lors de ces tests.

L'analyse *a priori* a une forte composante épistémologique, ainsi que l'exige tout cadre théorique de type didactique comme développé plus haut. Elle demeure également essentielle en dehors de la création d'une ingénierie didactique, en particulier lorsqu'il s'agit d'évaluer si un enseignement prodigué par un professeur, qu'il soit expérimenté ou novice, réalise bien le paradigme d'enseignement dont il se réclame, le socioconstructivisme en l'occurrence. Ainsi que l'ont montré Pierre Job et Maggy Schneider (2016), on ne peut en effet, pour analyser le bien-fondé de pratiques liées, faire l'économie d'un double niveau d'analyses *a priori* : celles portant sur les situations didactiques travaillées par les formés sont à regarder à la lumière de critères épistémologiques et didactiques permettant de comprendre en quoi ces situations sont réellement porteuses d'apprentissage pour les élèves.

Notre méthodologie relève donc d'une analyse *a priori* semblable à celle inhérente aux ingénieries didactiques qui doit nous permettre d'identifier, dans cet enseignement, les éléments épistémologiques essentiels à la construction du sens des savoirs visés. L'absence de tels éléments conduit à de faux-semblants d'un enseignement de ce type. Principalement, des gestes d'ostension y remplacent un questionnement mobilisant le caractère fondamental du savoir visé ainsi que sa problématisation.

Au-delà de ce qui les différencie, nos deux études de cas illustrent cela : elles suffisent à prouver que la connaissance par les élèves-professeurs de ces mêmes éléments épistémologiques est une condition nécessaire d'un enseignement susceptible *a priori* de favoriser la construction d'un savoir par les élèves. Et que, par conséquent, la mise en œuvre « réflexive » d'un tel enseignement dépend de savoirs épistémologiques sur la discipline concernée. Ajoutons que, s'il s'était agi de prouver l'efficacité d'un dispositif de ce type, le verbatim eût été indispensable pour pouvoir l'attester. Tel n'est pas le cas ici : une description dans les grandes lignes suffit à témoigner de l'absence des incontournables que notre analyse *a priori* met en évidence.

C'est ce regard qui a dicté notre choix de données empiriques ainsi que leur analyse. Nous l'avons fait ici sous forme de deux analyses didactiques, la première en sciences biologiques, la seconde en mathématiques, qui permettent de mettre en cause, à certains égards, la validité des principes qui fondent les compétences transversales. Ces deux analyses n'obéissent pas au même format : la première est fondée sur l'analyse très concrète d'un exemple précis, qui interroge les savoirs en jeu dans la situation didactique (mais sans interroger le savoir d'origine) ; la deuxième se fonde sur une appréhension générale de pratiques récurrentes (sans exemple concret) et interroge davantage la question des relations entre savoirs à enseigner et savoirs d'enseignement.

3. Première analyse didactique en sciences biologiques

En sciences, « mener une démarche d'investigation » est une compétence clairement exigée au fondamental (élèves âgées de 2,5 à 14 ans) en Fédération Wallonie-Bruxelles depuis 1997, par l'intermédiaire du document « Socles de compétences » (Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013). Elle l'est de façon plus diffuse au secondaire supérieur (Lycée), en tous cas dans les nouveaux référentiels à disposition des enseignants et dans les programmes (Moniteur Belge 17.04.2014). Cette injonction à faire vivre une démarche de recherche ou d'investigation aux élèves, associée au socioconstructivisme, est souvent mal comprise. On voit alors la démarche d'investigation détournée vers le besoin de faire (faire) des expériences à tout prix.

En ce qui concerne les étudiants futurs enseignants au secondaire supérieur, il leur semble essentiel, dans leur rôle d'enseignant, de montrer ce qu'est la science et les scientifiques et donc, une certaine image de la démarche d'investigation par le biais de l'image qu'ils ont de la recherche. Dans le même temps, les prescrits légaux leur demandent de favoriser l'apprentissage des élèves par eux-mêmes (auto-socioconstructivisme). C'est ainsi qu'on voit certains étudiants

futurs enseignants mettre en place dans leurs stages des dispositifs expérimentaux à faire vivre aux élèves qui nécessitent beaucoup de temps de préparation et un grand renfort de matériel. En effet, si les (futurs) enseignants ont une conception empirique de la science, ce sont l'observation et l'expérience qui piloteront les enseignements, comme dans le cas de la « leçon de choses » encore très prégnante (Orange, 2012, p.17). Pourtant, ces futurs enseignants n'atteignent pas le but voulu : l'apprentissage par les élèves de notions fondamentales en sciences, tant au niveau des contenus que des savoir-faire ou des savoir-être.

Examinons un exemple rencontré en formation initiale d'enseignants en sciences biologiques.

Dans nos formations, avant de se lancer dans les stages en conditions réelles, les étudiants futurs enseignants doivent construire une séquence d'enseignement et la faire vivre à leurs pairs. Après cette prestation, un recul critique leur est demandé, d'abord au seul dispensateur de la leçon, puis avec l'aide des participants à cette séquence, sorte d'exercice préparatoire à la prise d'une posture réflexive lors de leurs stages.

Dans le cas présenté ici, le futur enseignant avait comme consigne de veiller à ce que l'objectif pour l'apprentissage tel que rédigé dans les référentiels³, « comparer les cellules animales et végétales, à l'aide de matériel expérimental », soit atteint par les élèves (4^e année secondaire, 5 périodes de sciences par semaine ; élèves âgées de 16 ans). Voici comment la leçon s'est déroulée.

Après une brève introduction technique sur leur utilisation, des microscopes sont mis à la disposition des apprenants disposés en groupes de deux. Le but annoncé de l'activité est de regarder les préparations sur lames de verre au microscope (des cellules végétales et des cellules animales) et de remplir un tableau comparatif préparé à cet effet : il faut estimer les tailles respectives des cellules observées, noter leurs caractéristiques (forme, paroi, membrane, cytoplasme, noyau), repérer les organites visibles, dans le but de comparer les types cellulaires.

Ensuite, en groupe classe, le futur enseignant réalise une correction orale du document distribué pour la microscopie en questionnant les apprenants sur ce qu'ils ont observé. Par la suite, il projette un diaporama qui présente ce qu'on aurait pu voir au microscope optique de qualité (voir figure 1 ci-après) et ce qu'on aurait pu noter dans des conditions expérimentales optimales.

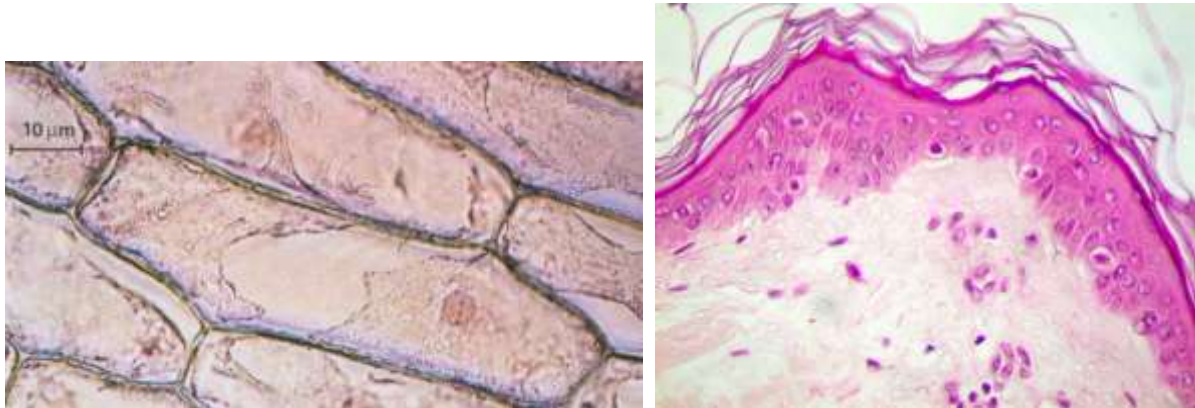
Enfin, à l'aide de deux représentations schématiques annotées (modèles en couleur et en relief, voir figure 2 ci-après), il présente le savoir visé par ce cours, tel qu'il l'avait prévu : de nombreuses notions sont décrites concernant la comparaison des organites et des structures entre les deux types cellulaires, mêlant non seulement des données issues de la microscopie optique mais également de la microscopie électronique.

La leçon terminée, les participants, aidés par les encadrants, entament une phase dite de *débriefing* du vécu commun.

Le futur enseignant responsable de la leçon exprime en premier lieu le temps passé à récolter le matériel, à le préparer et à le transporter puis à l'installer. Il évoque aussi le fait que les apprenants doivent être familiarisés avec la manipulation d'un microscope pour l'utiliser correctement. Il dit être satisfait de la participation des apprenants : tous regardaient au microscope et tous tentaient de remplir le tableau comparatif distribué. De même, il dit être content de sa synthèse théorique qui venait bien à point après la partie plus active de la leçon. Il aurait voulu, dit-il, aborder davantage de concepts à partir de cette mise en activité, mais le temps lui a manqué. Pour lui, les deux objectifs de la leçon sont atteints : il part de matériel concret ou réel (lames de microscopie réalisées par lui-même) pour amener le contenu visé et l'activité des élèves est effective et expérimentale, au sens de mener des expériences par groupe, comme des chercheurs.

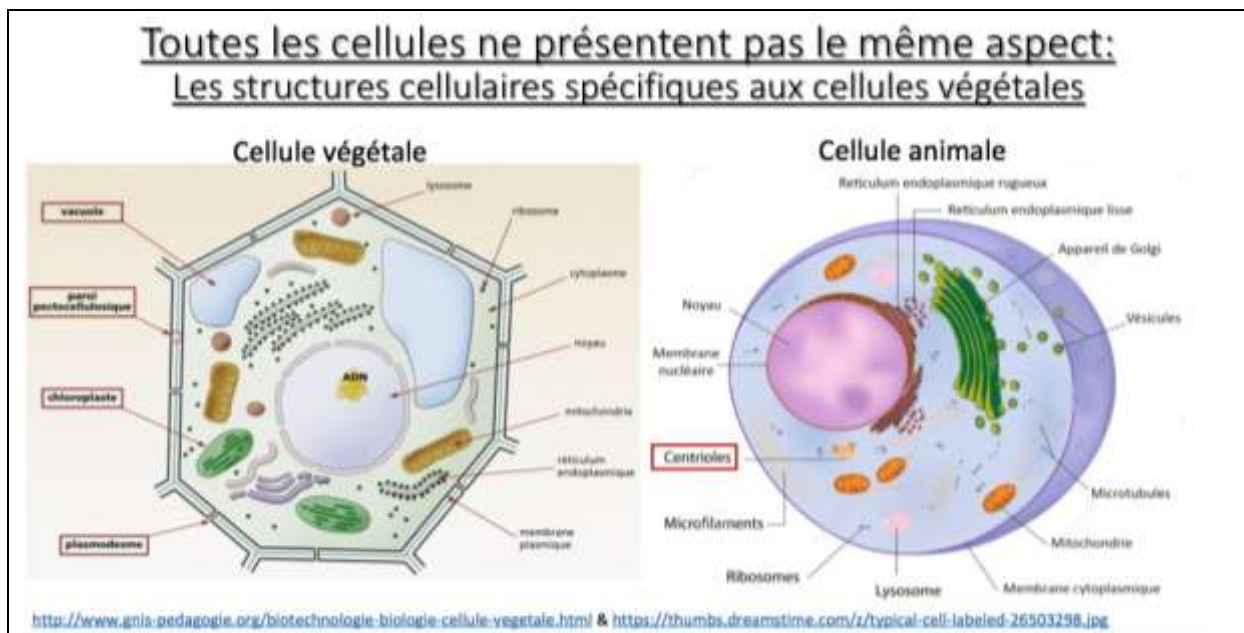
³ Unité d'Acquis d'Apprentissage 3 : « Unité et diversité des êtres vivants : malgré leur extraordinaire diversité, mettre en évidence les ressemblances (moléculaires et cellulaires) entre les êtres vivants. Comparer les tailles relatives (par exemple d'une cellule animale, d'une cellule végétale, d'une bactérie et d'une molécule d'eau). Sur base d'observations d'images de microscopie optique et électronique, modéliser la structure et l'ultrastructure cellulaire. »

Figure 1 - Document extrait de la préparation de l'étudiant futur enseignant, utilisé en projection pour synthétiser oralement les observations des apprenants



Sources : <http://eric.lacouture.free.fr> et <http://gredeco.com>

Figure 2 - Document extrait de la préparation de l'étudiant futur enseignant utilisé en projection pour corriger les observations des apprenants à propos des organites présents dans les deux types cellulaires



Sources : <http://www.gnis-pedagogie.org> et <https://thumbs.dreamstime.com>

Les étudiants qui jouaient les élèves soulignent les difficultés éprouvées à remplir le tableau comparatif par rapport à la tâche demandée : comment estimer la taille de cellules les unes par rapport aux autres, d'un microscope à l'autre ? Comment savoir si ce que l'on voit au microscope correspond à telle ou telle structure cellulaire ? Ils signalent aussi leur frustration de ne rien voir d'intéressant (au sens d'identifiable) au microscope optique et surtout, que rien ne soit exploité par l'enseignant dans la suite de la leçon. Par ailleurs, ils disent être admiratifs de la tâche de préparation nécessaire, de la part de l'enseignant, pour constituer un tel laboratoire.

Cet exemple illustre les difficultés que peuvent éprouver les futurs enseignants à porter un regard réflexif sur leurs actions, en lien avec le sens des apprentissages visés. Si ceux qui ont joué le

rôle des élèves perçoivent un peu le décalage entre le but de la leçon, l'activité proposée et la suite de la leçon, celui qui jouait le professeur s'arrête à deux constats : l'activisme des apprenants et la quantité de notions qu'il a réussi à placer sur le temps de la leçon.

Or, ce qu'on voit ici est une sorte de « plaquage » d'une activité dite d'investigation (selon une vision assez linéaire des démarches), basée sur l'observation en microscopie, qui n'est finalement pas remise ni dans un contexte de sens pour les apprenants, ni dans un contexte scientifique de recherche, mais qui est uniquement prétexte à énoncer le savoir visé aux élèves, avec l'excuse d'une mise en activité concrète. Cette survalorisation des investigations empiriques, selon Christian Orange (2012, p.100), semble « correspondre à l'épistémologie spontanée des enseignants, attachés qu'ils sont à la vérité des savoirs scientifiques ».

Le futur enseignant a pourtant l'impression d'avoir fait ce qu'il fallait pour mettre en place une démarche d'investigation par l'observation, puisqu'il est parti du réel (les cellules à observer) pour construire le savoir (différence entre cellules animales et végétales) et que ce sont les élèves eux-mêmes qui ont observé au microscope les lames fournies. On voit poindre une représentation empirique très fréquente de ce qu'est une démarche d'investigation (type OHERIC, voir plus haut ; Carette & Rey, 2010 ; Orange, 2012) où même les étapes de questionnement et d'hypothèse de recherche sont évacuées.

De plus, ici, la collecte de résultats et leur interprétation sont sans lien direct avec l'enseignement qui suit. Les images vues au microscope optique ne permettent pas de réaliser le travail d'observation et de comparaison demandé. Les images reprises lors de la synthèse représentent des modèles cellulaires, tels que décrits dans de nombreux manuels, et aucun lien entre les deux types de représentation (travail d'observation et synthèse) n'est fait.

Plutôt qu'un apprentissage par problématisation (au sens de Christian Orange, 2012), nous assistons ici à un « faux travail d'investigation où l'on commence à laisser les élèves donner leurs idées sur un problème, pour ensuite les guider, par des expériences imposées ou des documents à peine étudiés, vers un savoir propositionnel » (p.118). Et, si ce type de démarche donne une place prépondérante aux investigations empiriques, c'est au détriment des pratiques de modélisation, pourtant au moins aussi importantes en sciences (p.10).

Dans ce cas précis, l'étudiant futur enseignant aurait pu, en partant des objets à analyser (végétaux et animaux), donner du sens au fait de réaliser puis d'observer des coupes de tissus des objets au microscope. Ensuite, les apprenants auraient pu chercher à repérer des structures qui pouvaient être communes ou non, à l'aide d'un schéma évoquant la cellule. Ensuite, s'imposait alors aux apprenants, la nécessité de recourir à un autre type de grossissement ou à des documents photographiques, pour pouvoir y découvrir des ressemblances et des différences de structures et de composants cellulaires (la technique microscopique avec un grossissement suffisant pour répondre à la demande n'étant pas possible en classe).

Ainsi, au lieu de laisser penser aux apprenants qu'ils avaient pu observer au microscope et comparer des structures telles que celles décrites plus loin et que donc, seul quelques-uns avaient sans doute eu accès à ce savoir caché, l'étudiant futur enseignant aurait pu introduire les techniques microscopiques nécessaires pour accéder à une information exploitable et ensuite faire dessiner ou remplir un tableau comparatif avec des informations que les apprenants auraient cherchées eux-mêmes.

Dans leur description du savoir professionnel souhaitable, Raphael Porlàn Ariza et Ana Garcia Rivero (2001), au-delà des savoirs disciplinaires et des savoirs issus de l'expérience habituellement abordés en formation, considèrent nécessaires les savoirs métadisciplinaires (qui visent le développement d'une conception épistémologique⁴ de la science) et les savoirs didactiques⁵

⁴ Composée ici de savoirs sur la connaissance scientifique et sur les processus de son élaboration au fil de l'histoire (voir aussi à ce sujet Lhoste, 2017, p.25) : quelle est la nature des savoirs scientifiques et comment fonctionne la science ? (Orange, 2012, p.15).

⁵ qui répondent aux questions : qu'est-ce qu'apprendre des sciences, quelles difficultés cela présente et comment aider les élèves à réaliser ces apprentissages ? (Orange, 2012, p.15).

(ensemble de connaissances intégrées et proches de la pratique, spécifiques à l'enseignement et à l'apprentissage de la discipline). Nous voudrions, bien entendu, ajouter à ces savoirs professionnels souhaitables, ceux qui peuvent mener le futur enseignant à une posture réflexive sur son action, mais pas indépendamment des savoirs métadisciplinaires et didactiques. En effet, cette compétence dite transversale de réflexivité ou de posture réflexive, si elle s'exerce souvent dans les deux pôles identifiés par Jacqueline Beckers (2007) (construction identitaire et conceptualisation des apprentissages), ne peut l'être en dehors d'une vision épistémologique et didactique actuelle de la science et de la démarche d'investigation. Or, les (futurs) enseignants privilégient souvent des pratiques connues et rassurantes et même, reprennent celles qu'ils ont vécues en tant qu'élèves (Schneeberger & Triquet, 2001 ; Broccholichi, 2016), ce qui ne les pousse pas à reconsidérer leur vision de la science et de l'enseignement des sciences.

En formation initiale, il apparaît donc essentiel, lors de la mise en œuvre de cette compétence transversale que serait la réflexivité, de proposer aux étudiants des travaux tant didactiques qu'épistémologiques, qui leur permettraient de sortir de leur analyse brute des faits « j'ai enseigné ; ils ont expérimenté... » vers une analyse plus fine des enjeux de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences. D'après Jean-Pierre Astolfi (1993, p.15), une « acceptation d'apports extérieurs, de recentrages, d'orientations bibliographiques les [les enseignants] conduit souvent, sans abandonner leur projet initial, à lire de façon nouvelle les situations de classe qu'ils ont vécues et analysées ». Cette prise de posture réflexive permettrait alors aux futurs enseignants d'accéder à une mise en œuvre des sciences dans les classes de façon plus adéquate. Ceci contribuerait grandement à assurer leur développement professionnel.

4. Seconde analyse didactique en mathématiques

La seconde étude de cas concerne l'enseignement des mathématiques et, plus particulièrement, celui des vecteurs. L'observation, maintes fois répétée durant une vingtaine d'années, a été faite à propos de stages des futurs professeurs du secondaire supérieur qui, la plupart du temps, obéissent aux injonctions de l'enseignant qui les encadre. On peut donc supposer qu'elle reflète la réalité de terrain et ce, d'autant qu'elle est corroborée par une analyse de manuels (Ngan Giang Nguyen, 2017).

Le concept de « vecteur » est très souvent introduit par référence à son usage en physique à propos des forces ou, plus rarement, des vitesses. Suivent presque immédiatement la figure « flèche » et ses trois caractéristiques : direction, sens et longueur, laquelle est parfois rapprochée de l'intensité de la force. Rien n'est dit à propos de ce que devient, en mathématiques, le point d'application de la force, mais l'enseignant passe très vite à l'égalité de deux vecteurs, via les trois caractéristiques, en modélisant des vecteurs distincts par des flèches différant par au moins une de ces caractéristiques. La référence aux translations prend alors là place dans le discours du professeur telles qu'elles ont été enseignées lors de la deuxième année du secondaire, en termes de mouvement qui fait passer d'un point A à un point B.

Dans certaines préparations d'élèves-professeurs que l'on voit d'année en année, on remarque aussi une absence de référence (ou presque) à la physique, le focus étant mis sur de tels « mouvements ». On propose alors aux élèves des « activités » inspirées des jeux d'orientation pour scouts où il s'agit d'aller d'un endroit à un autre sur base de renseignements liés à la distance à parcourir, à la direction et au sens du parcours, précisés comme en géographie.

Quant à la rubrique « transférer » du référentiel de compétences qui correspond, en gros, à ce que l'on attend des élèves en matière de « résolution de problèmes », les problèmes de physique ont disparu, les jeux d'orientation aussi au profit d'exercices assez techniques dont plusieurs portent sur le passage des vecteurs et de leurs composantes dans un repère aux coordonnées de points. Quelques propriétés géométriques sont prouvées à l'aide du formalisme vectoriel mais pas toujours et assez peu.

En apparence, plusieurs injonctions institutionnelles sont respectées dans ces préparations de cours, dont la référence aux usages des mathématiques enseignées, soit dans les autres disciplines, soit dans la vie courante à travers la question de l'orientation à prendre pour arriver quelque part. Celle-ci inspire des jeux qui permettent de rendre les élèves « actifs » avant l'enseignement. Dans tous les cas, de nombreux dessins permettent à l'enseignant de se faire comprendre par les élèves.

Et pourtant, cet enseignement, inspiré du socioconstructivisme, est plutôt un faux-semblant de ce paradigme mais, pour le comprendre, il faut maîtriser de nombreuses données relatives à l'épistémologie et à la transposition didactique des savoirs concernés.

Commençons par l'influence encore bien réelle de la réforme des mathématiques modernes pourtant suivie de plusieurs contre-réformes. Plusieurs raisons ont inspiré cette réforme en France et en Belgique dont, comme le développe Isabelle Harlé (2010), un enjeu social de création d'une élite scientifique supposée maîtriser les mathématiques les plus actuelles au profit du progrès technologique. Ces mathématiques, telles que construites par l'école bourbakiste, constituent un fondement et une synthèse de tous les domaines mathématiques dans lesquels on peut repérer des « structures » communes qui mettent l'accent sur les relations entre objets mathématiques plus que sur leur nature propre.

Cette école structuraliste a inspiré cette réforme des mathématiques modernes dans laquelle, en particulier, la géométrie était subordonnée à l'algèbre linéaire, les objets géométriques tels que la droite et le plan étant définis comme des variétés linéaires ou affines. L'intention était, en l'occurrence, de « dépoussiérer » l'enseignement de la géométrie dont les défauts étaient ceux de la géométrie euclidienne en l'inscrivant d'emblée dans le cadre rigoureux de l'algèbre linéaire. On critiquait effectivement dans la géométrie d'Euclide, autrefois enseignée, tout ce qui relève de l'empirisme en dépit de l'intention de théorie déductive : à côté de définitions jouant un rôle effectif dans la déduction, on y trouve des « définitions » descriptives et intuitives d'objets qui existent préalablement en tant que réalités physiques ; certaines « preuves » n'en sont pas, car elles évoquent des « mouvements » de figures comme si elles étaient faites en carton ; quant à l'existence et aux positions respectives d'objets géométriques, il arrive qu'elles soient attestées non par le raisonnement mais... par des dessins bien faits !

L'approche vectorielle de la géométrie pallie ces défauts en permettant un travail moins empirique et donc plus rigoureux au sens nouvellement défini par les mathématiciens. Elle apporte également un formalisme pour prouver des propriétés de figures géométriques de manière calculatoire, formalisme plus efficace que le formalisme analytique et surtout, contrairement à ce dernier, « intrinsèque » soit indépendant du choix d'un repère. On parle en ce sens de « l'outil vectoriel ».

Mais cette approche top down des mathématiques vers leur enseignement s'est soldée par un échec dû surtout à des définitions et formulations absconses pour les élèves et par la relégation tardive, voire la suppression, d'aspects plus expérimentaux ou plus « concrets », comme l'étude de figures géométriques. Des contre-réformes succèdent aux mathématiques modernes mais la subordination de la géométrie à l'algèbre linéaire demeure : les objets géométriques y sont toujours définis de manière vectorielle, le passage du vectoriel à l'analytique étant de l'ordre du tour de passe-passe, faute de disposer des théorèmes d'algèbre linéaire *ad hoc* et cet état de fait est source d'obstacles d'apprentissage (Lebeau & Schneider, 2010). Quant à donner au vectoriel la finalité d'outil pour prouver des propriétés géométriques, c'est un objectif qui disparaît peu à peu dans la succession des programmes scolaires en Belgique francophone.

La définition du concept même de vecteur demeure difficile pour les élèves, du moins dans sa version rigoureusement mathématique. Elle se doit d'être construite à la lumière d'une finalité qui en donne une raison d'être, comme créer un outil de preuves calculatoires de propriétés géométriques. Une telle construction génératrice de questions susceptibles d'être dévolues aux élèves peut être envisagée si l'on restaure le questionnement historique dans le but de forger les modèles qui servent de point de départ à l'algèbre linéaire : par exemple (Nguyen Ngan Giang &

Schneider, 2017), repartir de configurations géométriques-clés telles que les faisceaux de parallèles coupés par deux sécantes pour les modéliser algébriquement au sein de la géométrie analytique et remonter de celle-ci à la géométrie vectorielle pour s'affranchir des repères.

Un tel parcours n'est pas très coûteux en temps mais sa conception suppose des savoirs épistémologiques sur l'évolution de la géométrie et des critères de rigueur associés. La méconnaissance de ces savoirs explique alors le repli des enseignants sur la présentation du vecteur comme un « segment orienté » par le biais des trois caractéristiques de longueur, direction et sens, avec de nombreux schémas pour se faire comprendre. Cette présentation faussement abordable soulève de nombreuses difficultés d'apprentissage, comme celle à s'affranchir du modèle métrique pour considérer les objets en jeu non seulement sous l'aspect de la mesure mais aussi sous celui de l'orientation dans l'espace (Le Thi Hoai Chau, 2001).

Au-delà de ces obstacles, ce que nous voulons souligner ici est que cette présentation va à l'encontre des enjeux épistémologiques de la géométrie vectorielle supposée gommer les inconvénients de la géométrie analytique aussi bien que l'amarrage de la géométrie euclidienne à des formes d'empirisme. En effet, les composantes « longueur », « direction » et « sens » du vecteur ne sont pas « intrinsèques » c'est-à-dire qu'elles sont relatives au choix d'un repère. En outre, cette présentation table sur ce que les élèves perçoivent des « flèches » au travers d'expériences plus « physiques » comme celles liées au champ de la gravitation terrestre dans lequel les objets tombent vers le sol suivant une direction verticale ou encore l'orientation en géographie matérialisée par les points cardinaux et la boussole sans lesquels les mouvements ou changements de position ne peuvent être précisés. En bref, les référents se situent dans un autre univers que celui qu'on cherche à construire. On comprend dès lors le rôle des dessins de flèches que le professeur est obligé de multiplier pour se faire comprendre des élèves tout en ignorant les glissements mentaux que son propre discours est susceptible de provoquer : il ne s'agit pas ici de voir ou de se situer par rapport à des réalités physiques mais de conceptualiser en vue d'un objectif clairement identifié.

Conclusion

Des connaissances épistémologiques comme condition *sine qua non* de la réflexivité

Bien que les deux études de cas reprises ici relèvent de disciplines et de modalités d'analyse différentes, elles mettent en évidence un même phénomène, à savoir que les pratiques enseignantes décrites relèvent d'un regard non distancié à l'expérience sensible et donc d'une forme d'empirisme. Elles y prennent effectivement la forme de l'ostension au sens de Marie-Hélène Salin (1999) : on montre un objet matériel (par exemple, la vue microscopique de cellules) ou symbolisé (par exemple, une flèche qui représente un vecteur) dans lequel un élève doit identifier un savoir. Cette ostension peut être assumée ou déguisée lorsqu'elle se veut compatible avec des injonctions institutionnelles relatives au socioconstructivisme. L'objet montré dissimule alors le savoir et l'élève est supposé le « découvrir » sur base de questions comme « *Que constates-tu ?* », « *Que conclus-tu ?* », alors qu'aucune autre finalité identifiée ne lui permet d'orienter son observation de l'objet sans tomber dans un jeu de devinette. C'est bien ce qui se passe dans l'exemple des sciences biologiques où les élèves sont invités à faire des observations et même des mesures sur des organites non « visibles » à partir de vues de cellules au microscope optique alors que l'enseignement qui suit porte sur d'autres aspects (vues schématiques ou au microscope électronique). Dans l'exemple relatif aux mathématiques, les flèches montrées polarisent l'attention des élèves sur des réalités physiques étrangères aux mathématiques et, qui plus est, d'une manière à occulter une finalité quelconque liée à la géométrie.

Or, ces pratiques ostensives aggravent les obstacles d'apprentissage avérés et liés à ce que Gaston Bachelard (1980, p.103) appelle « l'expérience première dans les sciences expérimentales, source de l'obstacle substantialiste qui engage, par exemple, à interpréter l'attraction de

poussières par une paroi aimantée par l'existence d'une glu, expérience qu'il résume ainsi : « On pense comme on voit, on pense ce qu'on voit ».

De tels obstacles empêchent, par exemple, la décentration psychologique, au sens de Jean Piaget (1974), que suppose, chez les enfants, la lecture d'une expérience : il ne « tombe pas sous le sens » que du sucre dissous dans l'eau subsiste alors qu'on ne le voit plus ! Quant aux mathématiques, elles sont aussi concernées par l'expérience première même au niveau du secondaire supérieur (Schneider, 1991, 2011) pour autant que l'on veuille bien considérer un niveau d'apprentissage où les modèles mathématiques sont construits en amont de leur implication dans une organisation déductive.

Le premier but de l'enseignement est donc de favoriser, chez les élèves, la mise à distance par rapport aux « faux objets empiriques » nés de l'illusion que les faits et les observations sont des donnés et non des construits. Il s'agirait, si l'on se réfère à la modélisation que fait Karl Popper (1973) de la rationalité humaine, de faire passer les élèves du monde 1 des réalités physiques au monde 2 des états de conscience, puis au monde 3 des concepts.

C'est au prix de ce constructivisme épistémologique que l'on peut concevoir un enseignement efficace, quelle que soit la méthode choisie. Cela vaut déjà pour un discours *ex cathedra* de l'enseignant, discours qui doit alors avoir une dimension heuristique. Et c'est *a fortiori* vrai pour un enseignement inspiré du socioconstructivisme car c'est la condition *sine qua non* pour imaginer des dispositifs où les questions dévolues aux élèves les renvoient aux raisons d'être des savoirs visés.

Nos études de cas mettent donc en évidence des connaissances épistémologiques sans lesquelles on ne peut parler de réflexivité dans la mise en œuvre d'une méthode pédagogique et, partant, dans le choix d'une méthode. Ces connaissances portent tantôt sur les savoirs particuliers qui sont la cible de l'enseignement, tantôt sur la construction et l'évolution des disciplines scientifiques et de leur transposition didactique. Mais elles concernent tout autant – et peut-être surtout – l'épistémologie propre des (futurs) enseignants qu'ils véhiculent inconsciemment à travers la manière dont ils habitent les méthodes par leurs interventions ou discours : très souvent, on observe des pratiques ostensives qui relèvent d'une épistémologie empiriste des sciences, à l'opposé du regard constructiviste qui s'est imposé peu à peu dans les milieux scientifiques.

Ces connaissances constituent une condition *sine qua non* à l'exercice de la réflexivité dans le choix d'une méthode d'enseignement et dans la manière dont on va la nourrir de contenus disciplinaires. Cette donnée nous paraît particulièrement importante à une époque où pléthore de méthodes sont relayées par les médias qui en vantent l'efficacité. Il nous semble avoir montré que cette efficacité doit être examinée aussi avec un regard disciplinaire et épistémologique si l'on veut débusquer les faux-semblants. En ce sens, il nous paraît peu pertinent de qualifier la réflexivité de compétence transversale.

Nous remercions vivement Bertrand Daunay pour les échanges très constructifs que nous avons eus à propos de ce texte.

Références

- ARTIGUE Michèle (1990), « Ingénierie didactique », *Recherches en didactique des mathématiques*, n°9(3), p.281-307.
- ASTOLFI Jean-Pierre (1993), « Trois paradigmes pour les recherches en didactique », *Revue française de pédagogie*, n°103, p.5-18.
- BACHELARD Gaston (1980), *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- BART Daniel & DAUNAY Bertrand (2016), *Les blagues à PISA, le discours sur l'école d'une institution internationale*, Vulaines sur Seine, Éditions du Croquant.

BECKERS Jacqueline (2002), *Développer et évaluer des compétences à l'école : vers plus d'efficacité et d'équité*, Bruxelles, Labor.

BECKERS Jacqueline (2007), *Compétences et identité professionnelles : l'enseignement et autres métiers de l'interaction humaine*, Bruxelles, De Boeck Université.

BECKERS Jacqueline (2009), « Contribuer à la formation de "praticiens réflexifs", pistes de réflexion », *Puzzle*, Centre Interfacultaire de formation des enseignants, n°26, p.4-14.

BROCCOLICHI Sylvain (2016), « Une interprétation sociologique du faible investissement didactique de jeunes professeurs des écoles », dans Bernard Calmettes, Marie-France Carnus, Claudine Garcia-Debanc, & André Terrisse, *Didactiques et formation des enseignants*, Cripedis, Université Catholique de Louvain, Presses universitaires de Louvain, p.331-347.

BROUSSEAU Guy (1998), *La théorie des situations didactiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage.

CARETTE Vincent & REY Bernard (2010), *Savoir enseigner dans le secondaire*, Bruxelles, De Boeck.

CHAU Le Thi Hoai (2001), « Difficultés d'apprentissage de la notion de vecteur pour des élèves de première année de lycée en France et au Viet-Nam », *Recherches en didactique des mathématiques*, n°21(1.2), p.157-188.

CIRADE Gisèle (2006), *Devenir professeur de mathématiques : entre problèmes de la profession et formation en IUFM, Les mathématiques comme problème professionnel*, Thèse de doctorat, Université de Provence-Marseille.

COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE (CFB) (2001), Décret définissant la formation initiale des agrégés de l'enseignement secondaire supérieur, M.B. 22-02-2001, articles 3 & 8 § 2.

COULET Jean-Claude (2011), « La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences », *Le travail humain*, n°74(1), p.1-30.

ÉTIENNE Richard (2002), Recension, *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant* de Philippe Perrenoud, dans *Cahiers pédagogiques*, n°403, En ligne <http://www.cahiers-pedagogiques.com>

FRENAY Mariane & MAROY Christian (2004), *L'école, six ans après le décret « missions » : regards interdisciplinaires sur les politiques scolaires en Communauté française de Belgique*, Louvain-la-Neuve, UCL Girsef, Presses universitaires de Louvain.

FOUREZ Gérard (1988), *La construction des sciences : introduction à la philosophie et à l'éthique des Sciences*, Bruxelles, De Boeck Wesmael.

HARLÉ Isabelle (2010), *La Fabrique des savoirs scolaires*, Paris, La Dispute.

JOB Pierre & SCHNEIDER Maggy (2016), « Ingénieries entre recherche et formation. Elèves-professeurs en mathématiques aux prises avec des ingénieries didactiques issues de la recherche. Un dispositif de formation à portée phénoménoteknique », *Éducation & Didactique*, n°10(2), p.91-112.

LEBEAU Catherine & SCHNEIDER Maggy (2010), « Équations incomplètes de plans et obstacles à la nécessité épistémique », *Recherches en didactique des mathématiques*, n°30/1, p.11-46.

LE BOTERF Guy (2000), « De quel concept de compétences les entreprises et les administrations ont-elles besoin ? » dans Christine Bosman, François-Marie Gerard & Xavier Roegiers (éds.), *Quel avenir pour les compétences ?*, Bruxelles, De Boeck, p.15-19.

LEPLAT Jacques & HOC Jean-Michel (1983), « Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations », *Cahiers de Psychologie Cognitive*, n°3(1), p.49-63.

LHOSTE Yann (2017), *Épistémologie et didactique des SVT*, Pessac, Presses universitaires de Bordeaux.

MINISTÈRE DE LA FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES (2013), *Socles de compétences, Enseignement fondamental et premier degré de l'enseignement secondaire*, Administration générale de l'enseignement et de la recherche scientifique, Service général du pilotage du système éducatif, Bruxelles.

MONITEUR BELGE - 17.04.14 - Arrêté du Gouvernement de la Communauté française déterminant les compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en sciences générales, p.32862-32927.

NGUYEN Ngan Giang (2017), *Écologie du formalisme « bipoint » dans l'enseignement de la géométrie au niveau secondaire*, Thèse de doctorat, Université de Liège (Belgique).

NGUYEN Ngan Giang & SCHNEIDER Maggy (2017), *Une approche heuristique d'une géométrie calculatoire*, Liège, Les Éditions de l'université de Liège.

ORANGE Christian (2012), *Enseigner les sciences, Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*, Bruxelles, Le point sur... Pédagogie, De Boeck.

PAQUAY Léopold, ALTET Marguerite, CHARLIER Évelyne & PERRENOUD Philippe (2006), *Former des enseignants professionnels, Quelles stratégies ? Quelles compétences ?*, Bruxelles, De Boeck (Troisième revue actualisée).

PASTRÉ Pierre (2002), « L'analyse du travail en didactique professionnelle », *Revue française de pédagogie*, n°138, p.9-17.

PERRENOUD Philippe (1994), *La formation des enseignants : entre théorie et pratique*, Paris, L'Harmattan.

PERRENOUD Philippe (2001), *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant*, Paris, Éditions ESF.

PIAGET Jean (1974), *La prise de conscience*, Paris, Presses universitaires de France.

POPPER Karl (1973), *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot.

PORLÀN ARIZA Raphael & GARCIA RIVERO Ana (2001), « Nature et organisation du savoir professionnel enseignant "souhaitable" », *Aster*, n°32, p.221-246.

REY Bernard (1996), *Les compétences transversales en question*, Paris, Éditions ESF.

SALIN Marie-Hélène (1999), « Pratiques ostensives des enseignants », dans Gisèle Lemoyne & François Conne (éds.), *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Montréal, Les presses de l'université de Montréal, p.327-352

SCHNEEBERGER Patricia & TRIQUET Éric (2001), « Didactique et formation des enseignants : quels liens, quelles interactions ? », *Aster*, n°32, p.3-13.

SCHNEIDER Maggy

- (1991), « Un obstacle épistémologique soulevé par des "découpages infinis" des surfaces et des solides », *Recherches en didactique des mathématiques*, n°11(2.3), p.241-294.
- (2004), « Viser le "transversal" à travers du "bon disciplinaire" ou trois compétences transversales contextualisées au sein de l'enseignement des mathématiques », *Repères-IREM*, n°55, p.51-70.
- (2006a), « Quand le courant pédagogique « des compétences » empêche une structuration des enseignements autour de l'étude et de la classification de questions parentes », *Revue française de pédagogie*, n°154, p.85-96.
- (2006b), « Comment des théories didactiques permettent-elles de penser le transfert en mathématiques ou dans d'autres disciplines ? », *Recherches en didactique des mathématiques*, n°26(1), p.9-38.
- (2011), « Ingénieries didactiques et situations fondamentales. Quel niveau praxéologique ? », dans Claire Margolinas, Maha Abboud-Blanchard, Laetitia Bueno-Ravel, Nadia Douek, Annick Fluckiger & Patrick Gibel (éds.), *En amont et en aval des ingénieries didactiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage, p.175-206.

SCHÖN Donald (1983), *The Reflective Practitioner: How Professionals Think In Action*, New York, Basic Books.