

- Page 2 : Comprendre les difficultés des élèves en sciences et y remédier
- Page 11 : Quelle prise en compte du contexte scolaire ?
- Page 21 : Penser les relations entre sciences, technologies et société
- Page 34 : Quelques perspectives
- Page 35 : Bibliographie

LES RECHERCHES EN DIDACTIQUE POUR L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

C'est à l'occasion d'un bilan d'étape souhaité par l'Association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies ([ARDIST](#)), qui fête ses 20 ans en 2018, que ce Dossier de veille a été réalisé. Il se penche sur les principaux travaux de recherche français menés dans le champ de la didactique de la chimie, de la biologie, de la géologie, des technologies, de la physique, sans aucune prétention d'exhaustivité, et avec un regard qui porte sur les évolutions historiques, notamment à travers les apports d'autres champs de recherche en éducation.

L'histoire de la didactique des sciences et des technologies en France commence avec la massification, dans les « années 1970, [par] la création de la commission Lagarrigue dont un des buts était d'introduire l'enseignement de la physique, de la chimie et de la technologie au niveau des collèges » (Mercier & Tiberghien, 2017 ; Commission Lagarrigue, 1976) ●. Selon Lebeaume (2010) cette période marque la création de la didactique des sciences expérimentales et l'évolution des disciplines technologiques en discipline de recherche universitaire.

Ce Dossier vise à mieux comprendre en quoi et comment la didactique des sciences et des technologies tente d'appréhender toutes les dimensions de l'apprentissage scientifique dans



Par Catherine Reverdy
Chargée d'étude et de recherche au service Veille et Analyses de l'Institut français de l'Éducation (IFÉ)

les situations d'enseignement-apprentissage ou d'éducation scientifique et technologique. Historiquement les premiers travaux en didactique se sont intéressés aux difficultés des élèves face à des savoirs scientifiques peu intuitifs, et ainsi à la manière de les présenter, pour que les élèves puissent surmonter les difficultés liées aux savoirs eux-mêmes. C'est ce que nous abordons dans une première partie. Les situations d'apprentissage sont impossibles à étudier sans prise en compte de l'environnement social et culturel des élèves, et de la manière dont les savoirs scientifiques ont été choisis pour être enseignés, et sont réellement enseignés, ce qui fera l'objet de la deuxième partie. Enfin nous envisagerons les finalités des apprentissages scientifiques et technologiques, dans l'école et au-delà, c'est-à-dire l'utilité quotidienne des

- Toutes les références bibliographiques dans ce Dossier de veille sont accessibles sur notre [bibliographie collaborative](#).

savoirs scientifiques et technologiques dans le cadre d'une culture scientifique commune à tous les citoyens, et la maîtrise de toutes les dimensions des savoirs scientifiques et technologiques (historique, technique, expérimentale, sociétale, utilitaire...), qui sont le résultat de constructions sociales et historiques spécifiques à chaque discipline scolaire.

Nous considérerons ainsi tout au long du Dossier les apports d'autres disciplines de recherche qui ont permis à la didactique des sciences et des technologies d'aborder toutes les dimensions des situations d'enseignement-apprentissage, et aussi la manière dont toutes ces recherches ont favorisé, en éclairant la pratique quotidienne des enseignants, un nouveau regard sur les pratiques scientifiques elles-mêmes.

COMPRENDRE LES DIFFICULTÉS DES ÉLÈVES EN SCIENCES ET Y REMÉDIER

Les premières études en didactique des sciences et des technologies ont cherché à mieux comprendre pourquoi et en quoi les élèves rencontrent des difficultés dans l'apprentissage des concepts scientifiques. Quelles sont ces difficultés ? Comment les surmonter et avec quelles pratiques enseignantes ?

Le développement des recherches en didactique des sciences et des technologies s'est fait de pair avec une certaine pression économique liée aux progrès technologiques, imposant la nécessité de disposer de scientifiques suffisamment formés. Un rapport (Giordan & Girault, 1994) portant sur la plani-

fication de l'offre d'enseignement scientifique dans l'enseignement secondaire part ainsi de l'hypothèse que « *la capacité de maîtriser et d'appliquer la science et la technologie est un facteur indispensable du processus de modernisation et de développement des systèmes économiques* ». Depuis les années 1960, des efforts financiers considérables ont été faits pour soutenir l'éducation scientifique dans l'enseignement secondaire et supérieur, en France et dans d'autres pays en développement. Les auteurs de ce rapport constatent dans les années 1990 que « *les résultats ont rarement été au niveau des espérances, et la pénurie en personnel possédant une formation scientifique de niveau supérieur ou secondaire continue d'entraver le développement socio-économique de nombreux pays.* » (Giordan & Girault, 1994)

Outre cette pression économique, les travaux de didactique des sciences, à la fin des années 1970, émergent dans un contexte de remise en cause de l'enseignement scientifique (Beaufils, 1998). En effet, ce sont les enseignants des disciplines scientifiques qui se sont aperçus que les connaissances de leurs étudiants étaient très superficielles et que la plupart des concepts enseignés n'avaient pas été réellement compris. Remettant donc en cause l'enseignement existant des matières scientifiques, et spécialement dans le secondaire, ces pionniers de la didactique des sciences et des technologies (enseignants dans le secondaire ou à l'université, avec éventuellement une activité de recherche en sciences expérimentales) ont donc eu à cœur de constituer un nouveau champ de recherches scientifiques tourné vers la compréhension des difficultés que pouvaient rencontrer les élèves dans leurs matières, mais aussi vers la formation des enseignants.

Repères : la didactique de la physique

Dans les années 1970, l'introduction des sciences en primaire et au collège, à la place des leçons de choses, a permis la construction des champs disciplinaires de sciences et de technologie, notamment via la mise en place d'une démarche d'investigation empirique (sans mathématisation et sans hypothèse), avec une « *logique élémentaire (identification, séparation et exclusion de variables) et des mesurages de grandeurs primaires* » (Martinand, 1998). Des premières innovations en didactique de la physique, à la fin des années 1970, comme les « circuits d'objets » en électricité, sont ressorties à la fois une réflexion sur l'initiation scientifique et la création de groupes de recherche (pour l'invention et l'évaluation de ces innovations).

Pour rendre compte des travaux de recherche en didactique qui, dès le début, lient intimement formation des enseignant.e.s et compréhension des difficultés d'apprentissage des élèves, nous aurons tout au long de ce Dossier de veille la volonté de ne pas séparer ces deux faces d'une même pièce, et d'appréhender dans un même ensemble ce qui est appelé en didactique le « processus d'enseignement-apprentissage ».

LES CONCEPTIONS DES ÉLÈVES AU CŒUR DU CHAMP

Qu'est-ce qu'une conception ?

Le cœur des travaux de didactique de physique, de chimie et de sciences de la vie et de la Terre (SVT) a porté et porte encore aujourd'hui sur les conceptions des élèves, c'est-à-dire les idées préconçues que les élèves apportent avec eux et elles en cours de sciences : il s'agit « d'un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes » (Giordan & de Vecchi, 1987, cités par Astolfi et al., 2008b).

Quelques conceptions des élèves dans les différentes matières

(d'après Treagust & Duit, 2009 ; Clément, 2010 ; Cormier, 2014 ; Astolfi, 1991)

En biologie, les conceptions les plus courantes concernent la photosynthèse et la respiration, la génétique, l'évolution, la digestion, le concept de milieu. Par exemple, un.e même élève peut faire deux schémas anatomiques différents où l'intestin débouche dans la vessie ou à l'extérieur selon la consigne demandée.

En physique, les conceptions qui ont été mises au jour par les travaux de recherche sont relatives aux circuits électriques, à la notion de force, à celle d'énergie. Un exemple de conception concerne les mouvements relatifs de la Terre et du Soleil selon qu'une personne choisit le meilleur emplacement pour planter sa tente ou pense au décalage horaire.

En chimie, les principales conceptions concernent la liaison chimique, la combustion et la nature de la matière. Par exemple de nombreux élèves pensent que les atomes ont des propriétés macroscopiques identiques à celles de l'élément qu'ils constituent.

En géologie, un exemple de conception est de croire que le front d'une falaise constitue un décor superficiel, résultat d'une construction humaine.

Closset (2002) précise que, pour l'élève, « les connaissances nouvelles sont seulement plaquées sur le savoir ancien sans le modifier. L'enseignement n'atteint qu'un succès immédiat : dès qu'on modifie les conditions qui furent celles de l'apprentissage, la connaissance commune réapparaît. [...] En d'autres termes encore, les représentations mentales de l'élève sont l'obstacle principal à l'enseignement des matières scientifiques ». Les conceptions vont ainsi mettre les élèves en difficulté pour apprendre les connaissances scientifiques, ces dernières étant souvent contre-intuitives. Les conceptions sont également

appelées « raisonnements naturels » ou « conceptions erronées » pour reprendre le terme anglais de *misconceptions* ●. Le terme d'« alternative frameworks » (ou encore « alternative conceptions », cadres ou conceptions alternatives), issu des travaux de Driver et Easley (1978, cités par Bächtold, 2012) est aussi couramment utilisé dans les pays anglo-saxons.

Astolfi et Develay (2002) parlent de « représentation » et non de conception pour désigner ce concept importé de la psychologie. Clément (2010) quant à lui distingue les conceptions

Des travaux de recherche ont souligné que l'emploi de l'erreur ici relevait davantage d'un positivisme de la part des chercheur.se.s employant ce terme (dans le sens où, par contraste, le raisonnement scientifique apparaît toujours « vrai ») que d'une description précise des conceptions (Clément, 2010).



relatives à une personne et concernant un thème donné des représentations collectives qui sont identifiées dans un groupe social. Il définit également les systèmes de conceptions regroupant des conceptions portant sur des thèmes convergents. Les conceptions relatives à un thème scientifique peuvent être analysées en tant qu'interactions entre les connaissances scientifiques, les valeurs portées par l'individu et les pratiques sociales. Par exemple, les représentations sociales sur l'évolution sont très différentes d'un pays à l'autre alors qu'elles diffèrent très peu d'une religion à l'autre.

Les travaux de recherche portant sur les conceptions sont de loin les plus nombreux en didactique des sciences et des technologies, dans le champ francophone comme dans le champ anglo-saxon. Une recension faite entre 2002 et 2009 et publiée cette même année par Duit contient 8 400 références bibliographiques (articles de revues, livres, communications, documents de travail, etc.) portant sur les conceptions depuis la fin des années 1970 et écrits en anglais et en allemand : il s'agit de la [Bibliography: students' and teachers' conceptions and Science Education](#). Cette bibliographie est construite autour de neuf catégories de travaux de recherche répartis dans les matières de physique, chimie, biologie et sciences de la Terre et portant aussi bien sur les considérations générales sur la recherche dans ce domaine que sur l'identification des conceptions des enseignant.e.s, ou encore sur le développement des conceptions dans l'histoire des sciences comparativement au développement des conceptions chez les individus.

Astolfi et Develay (2002) évoquent dans le champ francophone trois types de travaux de recherche sur les conceptions : leur « cartographie » dans les différentes didactiques disciplinaires, la recherche de leurs causes et de leurs origines, et la prise en compte de leurs conditions de production dans une situation éducative donnée.

De la « lutte » contre les conceptions au changement conceptuel

Les nombreuses recherches sur les conceptions ont montré qu'elles sont souvent bien ancrées, résistantes au changement, qu'elles s'organisent en réseaux individuels difficilement déchiffrables par les enseignant.e.s, mais aussi qu'elles sous-tendent des raisonnements liés au sens commun. « *La production de réponses erronées par les élèves ou les étudiants vient alors à la fois d'une conception erronée et d'un raisonnement mettant en jeu une succession linéaire de relations cause-effet inopportune* » (Beaufils, 1998 ; Treagust & Duit, 2009).●

Dans l'objectif de dénouer en quelque sorte ces réseaux de conceptions, les chercheur.se.s en didactique des sciences se sont penché.e.s sur la manière dont ces conceptions évoluaient dans le temps et dont les enseignant.e.s pouvaient aider les élèves à construire ou consolider un apprentissage scientifique dans ces conditions : c'est la notion de « changement conceptuel » qui se développe au début des années 1980 et qui est définie par Treagust et Duit (2009) comme « *la manière dont les conceptions changent au fur et à mesure du temps et, particulièrement, quand ces changements entraînent un apprentissage scientifique.* » Pour Treagust et Duit (2009), il ne s'agit pas de remplacer une par une les conceptions des élèves par les savoirs scientifiques, mais plutôt d'aider les élèves à avoir un rôle actif dans ce processus de « restructuration du savoir ». En jouant sur la traduction du mot *change*, c'est donc plus une transformation conceptuelle ou une « reconstruction conceptuelle » qu'un simple « échange » entre deux conceptions (Treagust & Duit, 2009).●

Côté français, les recherches sur les conceptions connaissent d'autres développements, notamment à partir des années 1980 quand les conceptions des élèves sont abordées à travers le prisme de l'histoire des sciences et deviennent des « obstacles épistémologiques », rencontrés par les élèves comme autrefois

● Un exemple en physique est la confusion entre force et mouvement (à savoir, s'il y a mouvement d'un objet, c'est qu'une force s'exerce sur lui) qui entraîne notamment, par une succession de raisonnements, que la force augmente si la vitesse augmente, contrairement au raisonnement scientifique qui relie force et accélération.

● « *Lors de l'appropriation des concepts scientifiques, c'est tout l'ensemble du système conceptuel, comprenant les concepts spontanés, qui est réorganisé.* » (Bächtold, 2012)

par les scientifiques qui ont travaillé les premier.e.s sur les mêmes phénomènes. L'idée d'« obstacle épistémologique » est vue par Bachelard « *non [comme] une difficulté, mais une facilité de l'esprit qui se précipite vers une explication toute prête* », et à laquelle il faut renoncer pour pouvoir apprendre, dans un « *travail de rectification, de réorganisation [...] constitutif du travail scientifique* ». Pour Bachelard, l'objectif d'apprentissage des sciences passe par une conceptualisation, par une « *construction du savoir dans chaque domaine scientifique précis (des connaissances régionales et non générales)*. Il accorde une grande importance à la construction de problèmes scientifiques et à la démarche de problématisation » (Coquidé, 2016 ; Lhoste, 2017). Dans le même esprit, Clément (2010) précise que l'objectif de l'enseignement scientifique n'est pas de réaliser une accumulation de connaissances scientifiques par les élèves mais de « *lier ces connaissances scientifiques aux diverses pratiques de la vie quotidienne ou professionnelle.* » ●

La notion d'« objectif-obstacle » introduite par Martinand (Astolfi *et al.*, 2008b) et développée dans les années 1990 insiste sur les dimensions épistémologique (connaissances à acquérir), psychologique (liée à l'identité même de l'élève) et didactique (obstacles introduits par l'enseignement même des concepts scientifiques) de ces obstacles, qui peuvent se constituer en « nœuds d'obstacles », explicatifs d'un réseau de conceptions.

D'après le modèle de Posner *et al.* (1982, cité par Treagust & Duit, 2009), les changements conceptuels peuvent se réaliser si les élèves ne sont pas satisfait.e.s de leurs conceptions et que l'apprentissage proposé est « *intelligible, plausible et riche* », c'est-à-dire susceptible d'aider les élèves à résoudre d'autres problèmes. Remarquons au passage avec Astolfi et Develay (2002) que les conceptions dépendent de la situation éducative, donc du contrat didactique passé implicitement entre l'enseignant.e et les élèves et aux termes duquel il est attendu une explication : les élèves mobilisent ainsi des conceptions en fonction de la situation donnée. Quoi que fasse l'enseignant.e

au final, que les changements conceptuels aient lieu ou non, qu'ils soient permanents, temporaires ou très légers, c'est bien « *l'apprenant, et non l'enseignant, qui décide le statut du nouveau concept et de tous les changements conceptuels* » (Treagust & Duit, 2009).

LES APPORTS DE LA PSYCHOLOGIE POUR LA CONSTRUCTION DES APPRENTISSAGES

Pour mieux expliquer pourquoi les conceptions des élèves résistent autant et pourquoi il est nécessaire d'envisager des changements conceptuels progressifs, les recherches en didactique des sciences et des technologies se sont tournées vers les théories psychologiques. De manière générale, certaines théories sociologiques, psychologiques ou didactiques ont été des sources d'inspiration pour toutes les disciplines du champ des recherches en éducation. C'est le cas par exemple de l'apport incontournable de Piaget en psychologie du développement ●.

Les théories (socio)constructivistes à la base des conceptions

Conceptions et conflit cognitif

Pour expliquer la manière dont les élèves développent leur propre compréhension des phénomènes scientifiques et leurs conceptions, les chercheur.se.s se sont tourné.e.s vers le constructivisme dès les années 1980, sous l'influence notamment des théories du développement de l'enfant établies par Piaget. Les approches constructivistes en sciences expliquent ainsi la centration sur les activités des élèves, à savoir l'importance d'amener les élèves à construire de manière active leurs connaissances, à partir de leurs intérêts, de leurs compétences et de leurs besoins, mais également en prenant en compte leurs croyances et leurs conceptions. Dans les années 1970 et 1980, les travaux de Piaget mettent ainsi en évidence « *l'existence de ces conceptions qui sont "construites" par les enfants, le fait qu'elles sont généralement opératoires*

Treagust et Duit (2009) précisent que le recours à l'analogie peut permettre aux élèves d'aborder les apprentissages scientifiques de manière plus familière et de gagner en confiance. Attention cependant à ne pas créer de nouvelles conceptions lors de l'enseignement de ces analogies, comme l'ont montré d'autres travaux de recherche (voir par exemple l'analogie hydraulique en électricité, Dupin & Johsua, 1994).

Pour une synthèse des thématiques abordées par la psychologie de l'éducation (développement cognitif, situations d'apprentissage, apprentissages fondamentaux, etc.), voir Feyfant (2006).



pour les expériences vécues par l'enfant et le fait qu'elles évoluent aux différents âges de l'enfant » (Bächtold, 2012).

Le concept de conflit cognitif, mis en évidence par Piaget, apporte quant à lui un éclairage et un encadrement théorique au changement conceptuel. En effet, pour Piaget, le développement cognitif de l'enfant est dû à un mécanisme interne : les expériences de l'enfant avec son environnement physique lui apportent de nouvelles connaissances qu'il ou elle assimile et incorpore à ses actions intérieures déjà présentes (la structure de ces actions est appelée « schème »). C'est le processus d'assimilation. Lorsque les expériences de l'enfant perturbent sa représentation du réel, il y a un déséquilibre appelé conflit cognitif, et il ou elle cherche à rétablir un

nouvel équilibre tenant compte de ses interactions avec son environnement : c'est le processus d'accommodation. Dans le cadre de la didactique des sciences et des technologies, les conceptions sont mises en jeu dans le conflit cognitif, qui « *survient lorsqu'un phénomène observé ou rapporté à un élève apparaît inexplicable au regard des conceptions qu'il possède, ou [...] lorsque ces conceptions se révèlent inadéquates pour rendre compte de ce phénomène* » (Bächtold, 2012). Ces cadres théoriques de psychologie développementale sont repris par les chercheurs en didactique des sciences, mais sans que ceux-ci ou celles-ci ne reprennent l'ensemble des théories de Piaget concernant le développement cognitif de l'enfant.

« La théorie du changement conceptuel peut se voir selon nous comme une extension au cadre scolaire de la théorie piagétienne, cette dernière concernant essentiellement les expériences quotidiennes extrascolaires de l'enfant. [...] Premièrement, dans la vie quotidienne extrascolaire (selon la théorie de Piaget), le processus cognitif de changement conceptuel est mené de manière spontanée et inconsciente par l'enfant. Il n'en va pas de même dans le cadre scolaire (selon la théorie de Posner et al.), où le processus cognitif de changement conceptuel est mené volontairement et consciemment par l'élève. [En outre] les conceptions nouvelles que les enfants substituent à leurs conceptions inadéquates sont construites par les enfants eux-mêmes. Tel n'est pas le cas en classe [...] où les conceptions scientifiques que les élèves substituent à leurs conceptions initiales au terme d'un travail de réorganisation conceptuelle sont introduites par l'enseignant. » (Bächtold, 2012)

Pour ceux et celles que l'on a appelé.e.s les néo-piagétien.ne.s dans les années 1970, à savoir les psychologues genevois Doise, Deschamps, Mugny et Perret-Clermont (Lehraus & Rouiller, 2008), les équilibres cognitifs ne sont pas réalisés par l'enfant seul.e, mais grâce à des échanges avec d'autres individus (enfants ou adultes) : ce sont donc les interactions sociales qui « *deviennent source de progrès cognitif par les conflits sociocognitifs qu'[elles] suscitent* » (Closset, 2002, citant Doise, 1993).

La nécessaire prise en compte de l'environnement social

C'est surtout l'apport de Vygotski, à la base d'une théorie socioculturelle de la psychologie du développement, qui permet de placer l'environnement social comme condition du développement des enfants : « *pour comprendre le développement du jeune enfant, dans la perspective ouverte par Vygotski, il ne faut l'extraire ni des contextes socio-historiques, qui mettent à sa disposition les outils culturels, ni des contextes inter-subjectifs, à l'intérieur desquels, avec l'aide d'autrui, il apprend à les mettre en œuvre* » (Coquidé, 2016). En effet, les concepts scientifiques qu'il

s'agit de faire acquérir aux enfants sont construits souvent sur une longue période historique, « de sorte qu'il paraît inenvisageable qu'un enfant puisse les construire de lui-même isolément et sur une courte période », et que cela nécessite un effort conscient et volontaire, contrairement aux conceptions des élèves, qui apparaissent inconscientes et spontanées (Bächtold, 2012).

Repères : le constructivisme en didactique des sciences

« Les développements de la didactique des sciences ont été contemporains de mouvements constructivistes, un triple constructivisme même, [...] se nourrissant de trois sources théoriques principales : Piaget, Bachelard et Vygotski. Ce métissage théorique varie selon les cadres de problématisation ou les travaux développés (nous trouvons dès l'origine une didactique plurielle des sciences). Il conduit à se référer à des projets culturels différents : une cognition (Piaget), une conceptualisation (Bachelard) ou une appropriation (Vygotski). » (Coquidé, 2016)

Le conflit sociocognitif en didactique des sciences

L'utilisation de ces théories constructivistes et socioconstructivistes dans l'enseignement des sciences se centre surtout sur le concept de conflit sociocognitif. Guzetti *et al.* (1993, cité.e.s par Duit *et al.*, 2008) montrent, grâce à une méta-analyse sur les approches pédagogiques basées sur les changements conceptuels, que les approches utilisant le conflit cognitif seraient plus efficaces que les autres, car elles faciliteraient les changements conceptuels, lorsque les élèves souhaitent résoudre ce conflit cognitif. Mais d'autres travaux mettent en garde contre l'efficacité plutôt ponctuelle de ces approches pédagogiques, à comparer au temps long du processus de changement conceptuel

(Vosniadou & Ioannides, 1998, cité.e.s par Duit *et al.*, 2008). Duit *et al.* (2008) soulignent que ces « approches plus "inclusives" du changement conceptuel » ont le mérite de prendre en compte l'environnement humain des enfants lorsqu'ils ou elles apprennent, et notamment le rôle de l'enseignant.e qui aide les enfants dans la résolution du conflit sociocognitif.

Dans une approche similaire, Giordan et Girault (1994) proposent ainsi une sorte de modèle d'apprentissage en deux étapes :

- la mobilisation des conceptions dans un apprentissage : « Un nouvel élément conceptuel s'inscrit rarement dans la ligne des savoirs antérieurs. Au contraire, ceux-ci représentent fréquemment un obstacle à son intégration. Vouloir tout expliquer en termes "d'assimilation" ou "d'accommodation" tient de la gageure. Il faut envisager généralement une déconstruction simultanément à toute nouvelle construction. [...] Tout est affaire d'approximation, de concertation, de confrontation, de décontextualisation, d'interconnexion, de rupture, d'alternance, d'émergence, de palier, de recul et surtout de mobilisation » (Giordan & Girault, 1994) ;
- cette mobilisation est favorisée dans un environnement didactique adéquat qui permet l'introduction d'une ou plusieurs « dissonances qui perturbent le réseau cognitif dont sont constituées les conceptions mobilisées [...] Seule cette dissonance peut faire progresser l'élève dans son apprentissage [...] On peut ajouter qu'une nouvelle formulation du savoir ne se substitue à l'ancienne que si l'apprenant y trouve un intérêt et apprend à la faire fonctionner » (Giordan & Girault, 1994).



Repères : recherches en psychologie et en didactique

Depuis les années 1970, côté anglo-saxon, « les psychologues cognitivistes et les chercheur.se.s en didactique des sciences ont travaillé ensemble et ces deux domaines de recherches en éducation ont bénéficié de cette coopération, de manière non négligeable. Néanmoins, il est évident en faisant la synthèse de la littérature qu'il existe une certaine polarisation des chercheur.se.s des deux domaines telle qu'on peut lire une recherche excellente dans un domaine qui cite très peu les recherches dans l'autre domaine. » (Duit et al., 2008)

Côté francophone, les relations entre psychologie et didactique ont parfois été des luttes de pouvoir entre des courants de pensée plutôt applicationnistes (issus de la psychologie du développement de Piaget) et des courants souhaitant apporter des réponses aux enjeux de scolarisation pour tou.te.s les élèves, notamment « en repensant les savoirs et les conditions de leur diffusion dans l'institution scolaire ». Schubauer-Leoni cite la percée de la didactique face aux courants psychologiques du début des années 1970 : « la didactique naissante se réapproprie en quelque sorte le sujet [...] Ainsi intégré dans le système didactique [constitué du triplet savoir-professeur-élève], le sujet élève est surtout considéré comme le révélateur des possibilités qu'offre une situation didactique pour modifier les connaissances d'un élève générique. » (Schubauer-Leoni, 2017)

COMMENT FAIRE APPRENDRE LES SCIENCES ET LES TECHNOLOGIES ?

En parallèle des recherches sur la compréhension des difficultés d'apprentissage des élèves en sciences, des travaux sur les pratiques enseignantes se sont développés afin d'aider les enseignant.e.s à mieux connaître les conceptions de leurs élèves mais aussi à mettre en place des pratiques adaptées.

Le défi de la formation des enseignant.e.s en sciences

L'identification des conceptions, obstacles aux apprentissages des élèves, permet pour Clément (1998) de « définir des stratégies pédagogiques qui prennent ces obstacles au sérieux, à la fois dans

la formulation des objectifs d'enseignement ou de formation [...] et dans la mise en jeu de situations d'enseignement ». C'est un véritable défi qui se pose alors en didactique des sciences : il faut former les enseignant.e.s à faire émerger les conceptions des élèves, démêler les réseaux de conceptions puis les aider dans leur processus de changement conceptuel, sur de nombreuses thématiques, et ce dans toutes les matières scientifiques. Après la création des Instituts universitaires de formation des maîtres (IUFM, désormais ESPE, Écoles supérieures du professorat et de l'éducation) suite à la loi d'orientation de 1989, les chercheur.se.s en didactique des sciences participent de près ou de loin aux formations initiales des enseignant.e.s de science et de technologie, les sensibilisant aux derniers résultats de recherche sur les conceptions et le changement conceptuel.

Repères : une implication dans la formation des enseignant.e.s

« Comme pratique de recherche, la didactique des sciences tend à se centrer sur les difficultés d'appropriation des contenus, parce que c'est là son objet propre [...]. Comme pratique de formation, elle élargit la palette d'interprétation et d'intervention des enseignants [...] sans leur dicter leur rôle ni leur conduite, et sans nier l'intérêt d'autres approches : la formation à la didactique des sciences ne prétend pas résumer à elle seule la totalité d'une

*formation nécessaire pour enseigner les sciences ! » (Astolfi et al., 2008a)
« La mise en place des IUFM s'est traduite par la création de postes institutionnels d'enseignants-chercheurs didacticiens et l'implication encore plus forte des recherches didactiques dans la formation des enseignants [...] La prise en compte du décalage constaté entre les points de vue des recherches didactiques et les pratiques enseignantes a conduit les didacticiens des sciences et des technologies à s'intéresser de plus en plus aux pratiques ordinaires des enseignants et à ce qui les organise. » (Lhoste & Orange, 2015)*

Des travaux de recherche internationaux soulignent l'écart entre les avancées de la recherche dans l'approche du changement conceptuel et la vision de l'enseignement qu'ont les enseignant.e.s (pour une synthèse de ces recherches, voir Duit et al., 2008) : très peu d'enseignant.e.s connaissent les recherches sur les conceptions et ont des idées précises sur la manière dont les élèves apprennent en cours de sciences. « Ces enseignants considèrent surtout que ce qu'ils pensent être un bon enseignement est le gage d'un apprentissage réussi », dans le cadre d'une vision transmissive de l'apprentissage ●.

C'est le même constat en France, alors même que les politiques éducatives prennent en compte depuis plusieurs années les résultats de recherche en didactique ● : « Les différentes prescriptions, qu'elles soient d'origine institutionnelle [...] ou issues de la recherche en éducation ont encore peu d'effets sur les pratiques d'enseignement des sciences. Une rupture existe encore entre les résultats des travaux de recherche et leur mise en œuvre effective dans les classes et dans les pratiques professionnelles des enseignants. » (Boilevin, 2013)

● Bachelard notait déjà en 1938 : « J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas. Peu nombreux sont ceux qui ont creusé la psychologie de l'erreur, de l'ignorance et de l'irréflexion. » (Bachelard, 2004)

● Boilevin (2013) note une évolution « des programmes français d'enseignement des sciences physiques [qui actuellement] prennent en compte les notions de conception ou de raisonnements spontanés des élèves. De même, la place de l'expérience et celle des démarches scientifiques sont discutées et de nouvelles pratiques d'enseignement sont proposées. »

Repères : la didactique ancrée dans les situations d'apprentissage

Comme le disent Giordan et Girault en 1994, « la seule connaissance des "conceptions" des apprenants ne permet d'inférer que des hypothèses très générales qui s'avèrent très frustes dans la pratique quotidienne [des enseignant.e.s]. Des recherches spécifiques sur l'utilisation des conceptions en situation d'apprentissage sont à promouvoir [...], faute de quoi le concept didactique de "conception" risque de ne pas être opératoire. Les psychologues classiques ont certes essayé d'y répondre, mais ils ne se sont guère intéressés jusqu'à présent au contenu même des connaissances à transmettre, ni aux contextes et stratégies d'intervention, qui sont autant d'éléments fondamentaux dans une situation scolaire ou de médiation. C'est à l'intersection de ces préoccupations que se situe la recherche en didactique des disciplines ».

À la fin des années 1990, un courant de recherche se développe autour du développement professionnel des enseignant.e.s, avec deux visées (Duit et al., 2008) :

- améliorer les connaissances des enseignant.e.s sur les derniers résultats de recherche (et notamment les approches sur le changement conceptuel) ;
- faire des liens entre leurs connais-

sances des contenus d'enseignement et la manière de les enseigner, dans le cadre de la théorie du *pedagogical content knowledge* développée par Shulman (1987, cité par Chesnais et al., 2017) et détaillée plus loin.

Les chercheur.se.s en didactique des sciences, en se penchant sur les pratiques enseignantes face aux concep-



tions de leurs élèves, ont constaté que les conceptions « tenaces » observées chez les élèves sont également présentes chez les enseignant.e.s et les scientifiques. Ceci pose des problèmes de formation des enseignant.e.s, dans le but de déconstruire certaines de leurs propres conceptions, pour qu'ils ou elles puissent aider les élèves à construire dans de bonnes conditions d'enseignement un apprentissage scientifique solide.

Pour Duit *et al.* (2008), le développement professionnel des enseignant.e.s peut passer par une succession d'étapes de « *changements conceptuels pédagogiques* » : compréhension, caractère plausible, non-satisfaction, gain (*intelligibility-plausibility-dissatisfaction-fruitfulness*). Dans une étude portant sur une formation d'enseignant.e.s de biologie à propos d'une « *conception sur l'enseignement des sciences* », les chan-

gements de pratique observés concernaient non seulement les manières d'enseigner, mais aussi une réflexion épistémologique sur les sciences et la nature des connaissances scientifiques (Hewson *et al.*, 1999, cité.e.s par Duit *et al.*, 2008).

L'évolution des méthodologies de recherche

Pour étudier les conceptions, il faut être au plus près des élèves : en parallèle de l'évolution des recherches sur les conceptions et les changements conceptuels des élèves, les méthodes de recherche ont également évolué. Les observations de classe se font, dès les années 2000, par l'intermédiaire de transcriptions et d'analyses de vidéos, complétées par des analyses de discours et des entretiens d'élèves et/ou d'enseignant.e.s.

On peut voir cette évolution dans les méthodologies de recherche à travers un des axes de recherche du laboratoire [ICAR](#) (Interactions, corpus apprentissages, représentations), pris en charge par l'équipe [ADIS-LST](#) (Apprentissages, discours, interactions, savoirs linguistiques, scientifiques et techniques) : « *Les recherches menées visent [entre autres objectifs à] développer l'instrumentation des recherches pour la constitution et l'analyse de corpus complexes constitués d'enregistrements vidéo et d'autres données associées [...]. Trois niveaux temporels sont explorés de manière complémentaire : celui macro des séquences d'enseignement [...] sur un temps long, permettant la prise en compte de la dimension longitudinale des apprentissages [...] ; le niveau méso des unités pragmatiques et thématiques caractéristiques de la "séance" [...] ; enfin le niveau micro des interactions, étudiant les jeux énonciatifs et les dimensions multimodales qui s'y manifestent et les processus associés de construction de significations.* »

Un cadre méthodologique utilisé il y a quelques années par la didactique des sciences a été emprunté à la didactique des mathématiques (voir Artigue, 1998, citée dans Closset, 2002) : l'ingénierie didactique est appliqué à l'étude de cas d'une séance de classe. Elle tente de prendre en compte le contexte par une analyse préalable des représentations des élèves, des objectifs de la séance, mais aussi des contraintes pesant sur la séance de classe. Il s'agit ensuite pour le ou la chercheur.se en didactique de réa-

liser une analyse *a priori*, qui consiste à lister les comportements et les réactions probables des élèves face au contenu à enseigner et à définir les hypothèses de recherche. Enfin la phase d'analyse *a posteriori* permet de confronter les résultats observés aux résultats attendus, en validant de manière interne les hypothèses. Un retournement de perspective s'opère alors, puisque les changements conceptuels deviennent un moyen d'évaluation des stratégies enseignantes : si les élèves modifient leurs conceptions

Ce concept a été d'abord introduit par le sociologue Verret en 1975 puis par Chevallard et Johsua (1982), qui « centrent leur approche sur les savoirs qualifiés de savants alors que Verret analyse les rapports entre objet d'enseignement et pratiques de constitution et d'exploitation de ces objets. » (Boilevin, 2013)

L'idée de transposition didactique existe aussi en Allemagne avec le concept de « Didaktik », qui concerne « l'analyse du processus de transposition que subissent les savoirs d'un domaine particulier (l'héritage culturel) pour devenir des savoirs scolaires contribuant au développement de la personnalité des élèves ("Bildung"). » (Boilevin, 2013)

après le cours, alors la stratégie employée par l'enseignant.e est considérée comme efficace.

L'ingénierie didactique n'est plus vraiment utilisée actuellement car elle était relativement difficile à mettre en place et comportait quelques limites méthodologiques. Malgré tout, ce cadre a eu le mérite de concilier les questions émanant des pratiques enseignantes avec les questions de recherche en didactique, dans l'objectif que les recherches améliorent *in fine* les situations d'apprentissage (Closset, 2002).

QUELLE PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE SCOLAIRE ?

Au-delà des conceptions, c'est également la situation d'enseignement elle-même et les rapports des élèves aux savoirs scientifiques qui peuvent entraîner des difficultés dans l'apprentissage de notions scientifiques : quels sont les *a priori* des élèves sur la démarche expérimentale, sur l'activité de recherche des scientifiques ? En quoi cela influence-t-il leur apprentissage ? Savent-ils, savent-elles que les savoirs scientifiques proposés ont été choisis en fonction d'une histoire différente pour chacune des disciplines scolaires ? Quelles méthodes utilisent les chercheur.se.s en didactique pour analyser tout ce qui se joue dans le cadre de la classe ? Nous verrons que ces questions ne sont pas spécifiques à la didactique des sciences et des technologies, mais traversent toutes les didactiques disciplinaires.

LES APPORTS DE LA SOCIOLOGIE SUR LA CONSTRUCTION DES SAVOIRS

Sociologie du curriculum et transposition didactique

Un des sujets largement étudiés par la didactique des sciences et des technologies est le processus par lequel s'articulent les savoirs scientifiques universitaires et les formulations conceptuelles accessibles

aux élèves (Astolfi *et al.*, 2008b) : la notion de transposition didactique est en effet un concept majeur créé en didactique des mathématiques ● et décliné dans toutes les didactiques disciplinaires ●. Chevallard (1991) définit la transposition didactique comme étant « *un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner [qui] subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le "travail" qui, d'un objet de savoir à enseigner, fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique.* »

Il existe deux types de transposition didactique :

- la transposition didactique externe, c'est-à-dire la manière dont les contenus d'enseignement sont choisis dans les programmes scolaires, à partir des savoirs issus de la recherche. On parle alors du passage des « savoirs savants » aux « savoirs à enseigner », qui est fait par des universitaires, des inspecteur.rice.s, des associations de spécialistes, des enseignant.e.s, etc., regroupés symboliquement dans ce que Chevallard nomme la « noosphère » ;
- la transposition didactique interne, qui est le passage des programmes scolaires aux savoirs réellement acquis par les élèves, et qui peut concerner par exemple le contenu des manuels scolaires. Sont évoqués les passages des « savoirs à enseigner » aux « savoirs enseignés », puis aux « savoirs acquis » (Clément, 1998).

Selon Chevallard (1991, repris par Boilevin, 2013), la transposition didactique doit obéir à quelques règles : « *la modernisation nécessaire du savoir scolaire (mise à jour des contenus d'enseignement pour les rapprocher de l'état des savoirs universitaires), la lutte contre l'obsolescence didactique (le vieillissement du savoir savant vis-à-vis de l'environnement du système éducatif), l'articulation du nouveau et de l'ancien, l'aptitude à se traduire en exercices et en leçons.* »

Dans le cadre de certaines disciplines comme la technologie, la référence aux savoirs savants est plus indirecte et ne



constitue pas la seule référence, c'est pourquoi Martinand (1986) a introduit la notion de « pratique sociale de référence » à côté des savoirs savants, « renvoyant aux trois aspects suivants :

- ce sont des activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain ("pratique") ;
- elles concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels ("sociale") ;
- la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison ("référence"). [...]

La notion de pratique sociale de référence [...] fonctionne essentiellement comme guide d'analyse des contenus, et par là de critique et de proposition. [...] Il s'agit avant tout de se donner les moyens de

localiser les concordances et les différences entre deux situations, dont l'une (la pratique industrielle) est l'objet de l'enseignement et possède une cohérence qui doit être transposée dans l'école. » (Martinand, 1986)

Un point de vue plus large que le processus de transposition des contenus d'enseignement concerne le curriculum, qu'on ne peut pas réduire à l'ensemble des programmes disciplinaires, mais qui désigne, en plus « des contenus d'enseignement, [...] les modalités de leur sélection, de leur organisation (division et subdivision par exemple en différentes disciplines) et de leur transmission (méthodes pédagogiques, organisation du temps, de l'espace et des relations lors des activités en classe) » (Liénard & Mangez, 2017).

« Isabelle Harlé identifie pour sa part trois ancrages théoriques et disciplinaires, à partir des années 1980, qui structurent les démarches des chercheurs pour aborder le curriculum :

- dans le prolongement de la nouvelle sociologie anglaise du curriculum, des sociologues français s'intéressent aux relations entre stratification sociale et stratification des savoirs ;
- dans le registre de la didactique, la notion de "transposition didactique" permet d'analyser la façon dont un savoir savant est importé et transformé dans le champ scolaire, autrement dit le déplacement entre l'objet de savoir et l'objet d'enseignement ;
- les historiens, pour leur part, explorent la généalogie des savoirs et de leur institutionnalisation scolaire et soulignent ainsi la part contingente et contextualisée de savoirs dont on a tendance à naturaliser la forme disciplinaire. » (Rey, 2010, citant Harlé, 2010)

Dans le tableau ci-dessous, nous avons rapproché les éléments de transformation du curriculum, vus en didactique comme le résultat de contraintes internes, liées aux savoirs disciplinaires et à leur transposition didactique, avec les éléments de transformation du curriculum vus en sociologie comme le résultat d'interactions entre le curriculum et « les réalités sociales, culturelles, politiques qui lui sont au moins partiellement extérieures » ● (Liénard & Mangez, 2017).

On peut ajouter que certains éléments de la transposition didactique, non étudiés en

tant que tels, pourraient être rapprochés du « curriculum caché », qui regroupe tous les aspects non évoqués du curriculum en une sorte de « culture implicite de l'école, [un] ensemble de routines, rituels, normes qui appartiennent à l'espace informel et qui règlementent les comportements des professeurs et des élèves, sans être pourtant exprimés de façon explicite. Ils font partie du quotidien de l'activité scolaire. » (Paun, 2006 ; Deltour & Mangez, 2015)

● Voir Deltour & Mangez (2015) pour un cadre théorique complet concernant une sociologie du curriculum.

Les différents éléments de la transposition didactique	Les différents éléments de la transformation du curriculum
Référence savante ou référence pratique : savoirs savants considérés comme stabilisés ou pratiques sociales de référence ●	Culture scolaire
Savoirs à enseigner (programmes), « <i>toujours reconstruits et axiomatisés, en fonction de besoins didactiques et sociaux</i> » (Astolfi et al., 2008b)	Curriculum formel, appelé aussi prescrit, construit à partir de pratiques, de choix et de contextes sociaux, et en fonction des finalités éducatives, des besoins de la société et des groupes d'influence (disciplinaires, savants, professionnels ou académiques)
Savoirs enseignés à l'aide de situations didactiques pertinentes s'adressant à un élève générique, mais qui doivent également prendre en compte les processus d'apprentissage de chaque élève	Curriculum effectivement enseigné ou curriculum réel, repris en partie du curriculum prescrit et certainement modifié, mais également construit en partie par les enseignant.e.s.
Savoirs acquis par les élèves	Curriculum acquis (ou réalisé ou même personnalisé) par les élèves, en prenant en compte leur expérience. Ce curriculum réalisé peut être l'objet d'une évaluation du curriculum réel.

Rapprochement entre les différentes étapes de transposition des savoirs (côté didactique) et de transformation du curriculum (côté sociologie du curriculum), à partir de Feyfant, 2013 ; Rey, 2010 ; Paun, 2006 ; Liénard & Mangez, 2017 ; Astolfi et al., 2008b.

Des débats résumés dans Boilevin (2013) remettent en cause le fait que ce soit les pratiques sociales qui doivent faire référence, mais davantage les savoirs professionnels issus de la formalisation des pratiques.

Des débats ont eu lieu dans les années 1990, et sont encore vivaces aujourd'hui, autour de la notion de savoir, selon que l'on s'intéresse aux lieux de production des savoirs (savoirs scientifiques et savoirs de sens commun), à la question de leur place dans l'action (savoirs et savoir-faire), à leur caractère codifié et rigide, ou au contraire au résultat d'un apprentissage (différences perçues entre savoirs et connaissances). Le risque de réification ou de naturalisation des savoirs savants, qui garderaient un caractère quasi sacré, a été dénoncé par de nombreux travaux qui plaident pour une approche incluant les aspects culturels et pratiques du curriculum et visant à lutter contre une « *imprégnation descendante* » des savoirs savants (Feyfant, 2013). C'est le processus de dépersonnalisation-repersonnalisation des savoirs savants qui est ici au centre des critiques, et dont les écueils peuvent être évités dans le cadre d'une transposition didactique élargie, prenant en compte les savoirs, compétences, pratiques, normes et valeurs à l'œuvre dans le processus de transposition didactique (comme le propose par exemple Perrenoud, 1998, cité par Boilevin, 2013).

Repères : la place de la transposition didactique en didactique francophone

« *Après vingt ans de nomadisme de la notion [de transposition didactique] dans les communautés didacticiennes, force est d'admettre que les "ingrédients" de la théorie initiale ont souvent été naturalisés, rigidifiés, avec pour effet une cristallisation autour de (ou contre les) quelques éléments primitifs. [...] Même si le ton est parfois âpre, les critiques portent sur un aspect du modèle et ne parviennent pas, fondamentalement, à atteindre le cœur de la théorie. La question transpositive persiste et reste la clé de voûte des sciences didactiques francophones.* » (Schubauer-Leoni, 2017)

Une autre proposition de transposition didactique non linéaire, en cycle, a été formulée dans le cadre de la prévention



des risques professionnels : les savoirs enseignés peuvent avoir à leur tour une influence sur les pratiques sociales de référence (Cheneval Armand, 2010). Cet exemple parmi d'autres questionne à son tour la légitimité des objets enseignés, vus souvent en didactique comme une sorte de déformation inévitable des objets de savoir, sans réelle prise en compte de ce qui se passe en classe : « *Dans une classe "quelconque", il s'agit en effet d'élucider, à partir des systèmes de tâches proposées aux élèves, dans quelles pratiques scolaires effectives ils sont engagés, avec quels effets sur le plan des connaissances et avec quel lien de légitimité à l'égard des pratiques de référence.* » (Schubauer-Leoni, 2017)

Quand l'éducation technologique questionne la transposition didactique

L'introduction de la notion de pratiques sociales de référence a été le résultat d'un premier questionnement sur l'utilisation de la transposition didactique en technologie. Mais les spécificités et l'histoire disciplinaires font émerger d'autres questionnements au fur et à mesure de l'évolution de la didactique de la technologie.

Pour Chatoney (2013) par exemple, la théorie de la transposition didactique (centrée sur le savoir, les gestes professionnels et les situations didactiques) doit être croisée avec la théorie de l'activité (centrée sur la tâche à réaliser, les instruments de médiation et l'activité), dans une dynamique de construction des savoirs. En effet « *l'éducation technologique devrait constituer aussi et plus largement une science de l'activité humaine [...] Ainsi, l'objet technique est simultanément : produit d'un système de production ; objet de consommation ; objet en tant tels ; objet d'usage ; objet d'échange et de communication. Il met en jeu des savoirs liés au savoir produire, au savoir vendre-acheter, au savoir apprécier, au savoir utiliser-réutiliser. Ces domaines de savoirs définissent des milieux qui permettent aux objets matériels d'exister et de leur donner du sens.* » (Chatoney, 2013)

Par rapport à d'autres matières scolaires, la technologie ● est à part dans l'histoire des constructions disciplinaires, en raison d'une réorganisation très fréquente de ses contenus d'enseignement et de son positionnement scolaire (elle est considérée comme une matière mineure) face à son rôle majeur dans le cadre de la politique économique et sociale. « *À la préoccupation didactique et curriculaire qui identifie la sélection, l'organisation et la répartition des contenus prescrits est associée une perspective sociohistorique afin de situer les évolutions et changements selon les contextes qui les légitiment.* » (Lebeaume, 2015)

Des débats existent par exemple sur les relations entre sciences, monde du travail et technologie, cette dernière étant parfois considérée comme une science appliquée ou comme un enseignement professionnalisant. L'éducation technologique pour tous les élèves a ainsi des histoires et des acceptions très diverses selon les pays, selon le poids donné à quatre objectifs éducatifs : la production d'artefacts (objets fabriqués), l'étude des artefacts techniques existants pour familiariser les élèves à leur environnement quotidien, l'étude du monde du travail et la compréhension des processus de création et d'utilisation des artefacts, en lien avec les sciences sociales (Ginesté, 2009).

En France, alors que l'enseignement technique entre la [loi Astier](#) en 1919 et la réforme Berthoin en 1959 ● était autonome et permettait des accès successifs pour des qualifications supérieures, la prolongation de la scolarité obligatoire à 16 ans perturbe la situation et provoque une scission en 1971 ([loi d'orientation sur l'enseignement technologique](#)) entre les filières techniques courtes (future voie professionnelle) et les filières techniques longues (future voie technologique, voir Lebeaume, 2015 ; Henriot *et al.*, 2016). On assiste dans cette longue période à un changement de finalités éducatives : l'enseignement a suivi l'évolution des sciences et des techniques des Trente Glorieuses en ayant pour objectif, à la fin des années 1950, de former des techniciens plutôt que des ouvriers qualifiés.

Le terme « technologie » se réfère au discours sur la ou les techniques. Souvent le terme « technique » « est réduit aux gestes et savoir-faire, tandis que technologie donne une signification plus savante au processus de conception et de production optimisées d'artefacts. » (Lebeaume, 2015 ; Agostini & Ginesté, 2012)

Sur l'histoire de la mise en place du collège unique, voir notamment le Dossier [Le collège unique de 1975 aux années 2000](#) de la Documentation française.

Dans les années 1960 est évoquée une « culture technique » à acquérir pour les élèves : les formations techniques prennent un tournant réflexif et deviennent des enseignements technologiques.

Les contenus d'enseignement gardent toujours un double enjeu : inventer la technologie comme enseignement général et « proposer des contenus adaptés à la nouvelle génération de techniciens pour anticiper les évolutions techniques » (Lebeaume, 1998). Le regard à l'objet technique se modifie également : « il s'agit d'inscrire ces objets comme des faits sociaux : on ne cherche pas seulement à répondre à la question "comment ça fonctionne ?", on se demande également "pourquoi cet objet existe-t-il ?". Dès lors, l'histoire, la sociologie, l'économie et l'ergonomie apportent des éclairages dont

la convocation semble pertinente pour construire le discours sur la technique. » (Agostini & Ginestié, 2012)

Les années 1980 voient la création de la matière « technologie » à la place de l'éducation manuelle et technique (EMT), intégrant des contenus informatiques et des projets techniques. Mais le changement majeur s'effectue pour Lebeaume (2015) dans les années 2000, où la technologie subit une fragmentation et une recombinaison disciplinaire avec l'abandon des contenus proches de l'économie-gestion et l'inscription dans le pôle scientifique ●. S'ensuit également une fusion des corps professoraux et des inspections générales, dans un souci d'« unification de cet enseignement technologique, du collège aux classes préparatoires aux grandes écoles en passant par le lycée ».

« Ainsi décomposée et épurée, la technologie peut/doit s'intégrer au pôle scientifique. La recombinaison des enseignements est alors une rupture et la technologie se conforme au format d'une discipline scientifique expérimentale tout en participant au large mouvement international de mise en œuvre du territoire Science Technology Engineering Mathematics (STEM). » (Lebeaume, 2015)

Repères : la didactique de la technologie

L'AFDET (Association française pour le développement de l'enseignement technique) est née en 1902 de la volonté de créer une structure où se retrouveraient représentés les acteurs, les actrices et les responsables de l'enseignement technique, industriels et commerciaux, les hauts fonctionnaires, les parlementaires, les formateurs et formatrices de tous niveaux. Dès l'origine l'association a été liée à la puissante Union des industries métallurgiques et minières (UIMM). L'AFDET publie la revue *L'Enseignement technique*. Elle contribue également en 1956 à la création du Centre de recherche et de productivité de l'enseignement technique (CERPET), qui organise des séminaires académiques et qui deviendra le centre de ressources pour les professeurs de l'enseignement technique. Deux dates sont à retenir pour le développement de la didactique de la technologie : la création de l'Association européenne pour l'éducation technologique à Wuppertal en 1987 et le premier séminaire de didactique des disciplines technologiques à Cachan en 1989 (Martinand, 1998).

La didactique de la technologie est « une didactique d'une discipline composée de deux espaces aux préoccupations complémentaires, l'un relevant de la didactique des apprentissages, l'autre de la didactique des curriculums », et s'intéressant d'un côté à la composition de l'enseignement et de ses contenus et de l'autre aux « missions affectées par les politiques éducatives ». La caractéristique de l'éducation technologique est la « variabilité d'un enseignement inclus dans un ensemble de matières ou de disciplines scolaires en interaction » (Lebeaume, 2010).

Les travaux de Ross (2000, cité par Lebeaume, 2010) distinguent trois types de curriculums, selon que l'on s'intéresse aux connaissances, aux objectifs à atteindre (compétences ou performances) ou aux expériences (processus). Lebeaume fait ainsi le rapprochement avec trois types d'éducation technologique existant depuis les années 1950 :

- la technologie domestique (« usage raisonné des objets de la modernité », à rapprocher de l'enseignement ménager réservé à l'époque à l'ensei-



- gnement des filles, puis de l'éducation manuelle et technique) ;
- la technologie professionnelle (discipline d'atelier, dans la lignée des travaux manuels éducatifs) ;
 - la technologie expérimentale (filière longue de l'enseignement technique, à rapprocher des sections de technicien.ne.s supérieur.e.s ouvertes en 1962 et des Instituts universitaires de technologie ouverts en 1966).

DES RECHERCHES EN DIDACTIQUE POUR APPRENDRE ET ENSEIGNER

Expliquer l'attitude des élèves par leurs rapports aux savoirs

Partant du constat que les travaux sur l'attitude ou la motivation des élèves envers les sciences possédaient un cadre théorique peu adapté, Venturini et Cappiello (2009) précisent que les chercheur.se.s en didactique ont préféré utiliser le cadre théorique du rapport aux savoirs, développé par l'équipe [ESCOL](#) (Éducation et scolarisation) du laboratoire CIRCEFT, et notamment Charlot, pour mieux comprendre les causes de l'échec scolaire.

L'approche du rapport aux savoirs étudie l'engagement de l'apprenant.e dans les activités d'apprentissage. « *Rapport à "des processus (l'acte d'apprendre), à des situations d'apprentissage", le rapport au savoir a une dimension épistémologique : apprendre ne concerne ni les mêmes types d'objets, ni les mêmes types d'activités selon les individus. Rapport à soi, le rapport au savoir a une dimension identitaire : apprendre prend du sens par rapport à ce qu'est l'individu, à l'image qu'il pense et veut donner de lui, à ce qu'il veut devenir. Mais le sujet ne vit pas hors contexte, il est situé dans un espace social particulier.* » (Venturini & Cappiello, 2009)

Appliquant ce cadre théorique dans une étude comparative des rapports aux savoirs des élèves de seconde en sciences physiques et en SVT, Venturini et Cappiello montrent que les rapports aux savoirs semblent « *avoir des fondements beaucoup plus stratégiques en physique qu'en SVT, où [la mobilisation de ces élèves donnant de la valeur aux savoirs] est plus hédoniste, car elle vise principalement, et avec succès, une compréhension globale de soi et de son environnement. En SVT, les savoirs scolaires ont donc pour ces élèves du sens à l'extérieur de l'école, ce qui n'est pas toujours le cas en physique.* »

Précisant davantage les caractéristiques du rapport aux savoirs des élèves dans un enseignement de biologie végétale, Catel et al. (2002) en distinguent plusieurs « dimensions » : les liens entre le rapport à l'apprendre et le rapport à l'école, qui constituent l'attitude scolaire ; le rapport à l'apprentissage de contenus disciplinaires spécifiques ; le rapport aux savoirs et aux activités scolaires des acteurs (aspects sociaux et institutionnels de tout apprentissage). ● Pour ces auteures, les débats théoriques sur l'utilisation du rapport aux savoirs en didactique se poursuivent : peut-être faut-il envisager une approche anthropologique ● pour prendre en compte les versants psychologique et sociologique du sujet, car la dynamique du désir d'apprendre et de savoir est encore l'objet de discussions. « *D'un point de vue didactique, la complémentarité des différents cadres théoriques du rapport au savoir permet d'approcher le processus d'apprentissage d'un sujet sous différents angles, de mieux comprendre sa spécificité et donc en quoi il se différencie des autres. Le point de vue didactique nous a conduit à affiner l'analyse et à envisager des interactions entre "attitude scolaire" et "posture d'apprentissage".* » (Catel et al., 2002)

Les enseignant.e.s également possèdent un certain rapport aux savoirs : « *même inconsciemment le maître a déjà fait un choix épistémologique. Ce n'est pas la science comme telle qu'il enseigne, mais l'interprétation qu'il a de sa connaissance scientifique. Le maître transmet le savoir à travers son savoir ou ce qu'il croit savoir.* » (Astolfi, 1992, cité par Astolfi et al., 2008b)

C'est le projet de la [théorie anthropologique du didactique](#) présentée par Chevallard à la fin des années 1980.

Un premier colloque organisé en 2012 par la Haute école pédagogique du canton de Vaud « Sociologie(s) et didactique(s) : vers une transgression des frontières » (voir l'[article de blog Eduveille](#) présentant ce colloque), et un deuxième à Lyon en 2015 « [Didactique\(s\) : quel dialogue au sein des sciences de l'homme et de la société](#) », organisé par l'ARCD, l'Association pour les recherches comparatives en didactique (voir l'[article de blog Eduveille](#) correspondant).

Repères : didactique et sociologie

Deux colloques francophones ont abordé les relations entre sociologie et didactique. L'argumentaire du premier colloque dressait un état des lieux ● : « *Longtemps, la sociologie a traité l'école comme une sorte de boîte noire en négligeant les processus d'apprentissage. Les didactiques, quant à elles, se sont essentiellement préoccupées des dimensions cognitives, en négligeant quelque peu les rap-*

ports sociaux. » Du premier colloque est ressorti un certain nombre de thèmes qui gagneraient à être abordés de concert (comme les pratiques enseignantes socialement différenciées) ; parmi les constats du second colloque, est ressorti un travail commun possible autour de l'étude des programmes d'enseignement, à la fois compromis sociaux et références des savoirs et des contenus, au centre de l'approche didactique (même si les modèles de construction des programmes sont souvent traités de manière descendante par les chercheurs en didactique).

Dans le cadre de cette approche du rapport aux savoirs, appliquée à l'enseignement de la technologie (étapes de construction d'un chariot élévateur), nous pouvons remarquer avec Ginesté (2005) qu'il n'y a pas de différence significative dans le rapport aux savoirs des filles ou des garçons, puisque ces savoirs sont abordés dans un cadre scolaire qui réduit les stéréotypes pouvant exister dans les activités de production en entreprise.

Les stéréotypes de genre se retrouvent par exemple dans les choix d'orientation des filles dans des carrières scientifiques. L'attitude des élèves, des enseignants et des familles envers les sciences est également influencée par les manuels scolaires dans lesquels on peine à trouver des scientifiques féminines ou même des descriptifs corrects de l'anatomie du sexe féminin, ou par la présentation des métiers scientifiques, valorisant les qualités attribuées à tort aux garçons (Gaussel, 2016b). Des études sur les représentations des enseignants faites notamment par Clément (2010) ont identifié des représentations sociales différentes dans le domaine de la génétique humaine, celles des enseignantes étant moins sexistes que celles des enseignants. Citons le programme anglais « [Opening Doors](#) » qui encourage un changement de pratiques autour des questions d'égalité des genres dans plusieurs établissements d'enseignement secondaire de Londres.

Connaissances pédagogiques et apports de la didactique professionnelle

Avant d'évoquer les apports de la didactique professionnelle, intéressons-nous d'abord à la caractérisation des connaissances que les enseignants mettent en œuvre lorsqu'ils ou elles enseignent. Dans

les années 1980, Shulman (1986, cité par Chesnais *et al.*, 2017) a proposé une typologie de savoirs professionnels, dont le *pedagogical content knowledge* (PCK), que l'on peut traduire par « connaissances pédagogiques liées au contenu ». Au PCK, explicitement relié à la matière d'enseignement, s'ajoutent d'autres savoirs professionnels catégorisés par exemple par Grossman (1990, cité par Chesnais *et al.*, 2017) : les connaissances pédagogiques générales, les connaissances disciplinaires et les connaissances relatives au contexte scolaire.

Kermen et Izquierdo-Aymerich (2017) préfèrent utiliser pour les PCK l'expression « connaissances professionnelles didactiques », en distinguant ce qui est propre à un.e enseignant.e donné.e et qu'il ou elle met en œuvre dans une situation donnée (les connaissances), des savoirs professionnels didactiques qui constituent un texte objectivé, issus d'une construction sociale et appartenant à une institution.

Depuis les années 1980, différents modèles de PCK ont été proposés dans la tradition anglo-saxonne qui, pour Chesnais *et al.* (2017), ne prennent pas assez en compte la complexité des pratiques enseignantes. Ces derniers proposent de distinguer les PCK comme « *propositions énonçant des principes nécessaires à l'enseignement d'un contenu (comme les définissait Shulman)* », et constituant des savoirs de référence, et les PCK comme « *règles d'action qui piloteraient de fait les pratiques des enseignants* », puisque ces deux types de connaissances professionnelles didactiques ne sont pas nécessairement identiques (Chesnais *et al.*, 2017).

La difficulté réside dans le fait que le développement des connaissances professionnelles didactiques se fait surtout dans

On peut consulter le site SVT-egalite.fr créé par des enseignants de SVT.

Notons que l'utilisation de la notion de PCK ne semble apparaître que dans les recherches en didactique des sciences physiques (Kermen & Izquierdo-Aymerich, 2017).



l'action en classe. La didactique professionnelle est donc ici convoquée pour mieux analyser les situations de travail et voir comment se fait l'accroissement des connaissances professionnelles, soit de manière non intentionnelle dans la classe, soit en formation (Kermen & Izquierdo-Aymerich, 2017). Les apports de la didactique professionnelle, avec l'analyse du travail, peuvent donc aider à « *d'une part, une théorisation de la notion de compétence professionnelle et, d'autre part, la conception de dispositifs de formation* » (Schubauer-Leoni, 2017). On voit ici l'intérêt de méthodologies explorant au plus près les pratiques enseignantes, comme les entretiens d'explicitation visant à confronter les enseignant.e.s à leur propre pratique de classe préalablement filmées, ou à croiser un entretien d'explicitation avec un entretien réalisé avant la pratique de classe (Jameau, 2017).

Les apports des sciences du langage : importance des interactions en classe

Pour explorer au plus près les situations éducatives, les chercheur.se.s en didactique étudient les interactions, qu'elles soient verbales ou non verbales. Pour ce faire, des cadres linguistiques ont été

créés, comme le cadre interactionniste de Kerbrat-Orecchioni (Coquidé, 2016).

Les travaux menés par Schneeberger (2008) ont pour objectif d'identifier les conditions qui rendent possible la conduite d'un débat orienté vers des apprentissages scientifiques. Les analyses au niveau des interactions langagières permettent de repérer des moments de co-construction où les élèves construisent ensemble des connaissances en faisant appel à la négociation. Les élèves passent pour ce faire par les étapes de déconstruction de conceptions antérieures et de construction de savoirs problématisés. Or cette construction progressive n'est possible que grâce aux échanges langagiers, à l'argumentation développée par les élèves. Les questions de recherche posées par ces travaux, qui ont été faits avec la collaboration de chercheur.se.s en didactique du français, montrent une nouvelle façon d'envisager le travail sur les obstacles auxquels sont confronté.e.s les élèves : « *comment suivre le travail de construction de l'objet de savoir qu'effectuent les élèves, en collaboration avec le professeur, au cours des débats ? Comment l'enseignant procède-t-il pour prendre en considération les idées des élèves (continuité) et les amener à construire des concepts scientifiques en reniant leurs concepts spontanés (rupture) ?* » (Schneeberger, 2008)

Repères : un point commun à plusieurs didactiques disciplinaires

« *Les travaux en didactique sur l'activité des élèves ont conduit à la prise en compte des aspects langagiers dans l'étude de cette activité. S'appuyant alors notamment sur des recherches en sciences du langage, qui ont croisé théories de l'énonciation et modèles issus de la pragmatique (Bronckart, 2008), les didacticiens, en collaboration avec des chercheurs en sciences du langage et en didactique du français, ont pu développer, à partir de la fin des années 1990, des outils pour analyser finement les liens entre langages et apprentissages scientifiques [...]. Ces [...] évolutions ont à la fois pour résultat l'extension des cadres théoriques mobilisés en didactique des sciences et des technologies et le rapprochement, au moins pour certains chercheurs, avec les autres didactiques.* » (Lhoste & Orange, 2015)

Pour Coquidé (2016), tout rapport scientifique au monde est doublement médiatisé, par l'outil et par le langage, donc « *les pratiques langagières d'une communauté scientifique sont certes importantes mais*

ne représentent qu'une facette des activités scientifiques » (pensons par exemple aux travaux pratiques, dont les transcriptions ne peuvent pas tout décrire).

La théorie de l'action conjointe pour observer les situations d'enseignement

Empruntant aux sciences sociales le paradigme de l'action conjointe, c'est-à-dire le fait que l'action humaine, sociale, est forcément pensée en tenant compte de l'action de l'autre, Sensevy (2011) montre que l'enseignement et l'apprentissage sont des actions nécessairement conjointes, qui s'ajustent l'une à l'autre. Les travaux de didactique ont ainsi la possibilité de « *suivre précisément comment le professeur organise les conditions de l'étude des élèves pour leur permettre de construire les savoirs visés* » (Lhoste & Orange, 2015).

Ce cadre théorique est donc avant tout utile à la description précise des situations de classe, et propose de modéliser la relation didactique entre enseignant.e.s et élèves en termes de « jeux didactiques » (Tiberghien & Venturini, 2015). Un jeu didactique est une unité de transaction qui comporte des caractéristiques spécifiques concernant le contrat entre élèves et enseignant.e, le milieu didactique et l'enjeu de savoir mobilisé : cela peut être par exemple un moment où « *un savoir est institutionnalisé et où le contrat évolue, où une nouvelle question est posée dont la solution est liée à un nouveau savoir dans la classe, où l'enseignant énonce aux élèves l'enjeu de l'activité à venir* ». On peut ainsi modéliser la classe comme un ensemble de jeux didactiques (Tiberghien & Venturini, 2015). « *Cette modélisation en jeux permet d'introduire les deux concepts au cœur de la théorie de l'action conjointe en didactique, le contrat et le milieu. Le contrat recouvre le système d'attentes réciproques entre le professeur et les élèves [...] Le milieu est constitué par les éléments de l'environnement matériel et symbolique pris en compte par le professeur ou l'élève dans la transaction [...]. Quatre types d'actions caractérisent la façon dont le professeur joue et fait jouer le jeu didactique : définir le jeu, tenter de le dévoluer aux élèves qui doivent accepter la responsabilité de le jouer et donc d'essayer de le gagner ; réguler son développement de manière à ce que les élèves adaptent leur manière de jouer afin de gagner ; enfin institutionnaliser le résultat du jeu.* » (Tiberghien & Venturini, 2015)

LA DIDACTIQUE COMPARÉE : QUELS OBJETS COMMUNS, QUELLES DIFFÉRENCES ?

Les analyses didactiques gagneraient à envisager plus systématiquement une ouverture spatiale et temporelle des situations didactiques (contexte de la classe et de l'école). C'est dans cet esprit, et à l'initiative notamment de l'ARCD (Association pour les recherches comparatistes en didactique), fondée en 2005, qu'a été créée la revue *Éducation & didactique* en 2007 : elle « *est née d'une volonté [...] de repenser les rapports entre les didactiques à l'intérieur des recherches en éducation et de développer les relations entre la didactique et les autres sciences de l'homme et de la société.* » Au-delà de la mise en commun d'articles de disciplines différentes sur des thématiques communes, des projets de recherche à plusieurs voix se développent.

Repères : des perspectives communes récentes

Selon Lhoste et Orange (2015), c'est à partir des années 2000 que les questions comparatistes en didactique émergent, permettant une « *percolation encore plus importante des méthodes et des concepts d'une didactique à l'autre, allant même vers des tentatives fort discutées (Orange, 2014) d'unification théorique à travers notamment la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011).* »

Un héritage commun : la didactique des mathématiques

La didactique des sciences et des technologies partage une histoire commune avec les autres didactiques disciplinaires. Le processus d'institutionnalisation de ces didactiques s'est fait petit à petit depuis 40 ans, début des premiers travaux du champ.



Repères : état des lieux du paysage de la recherche en 1998 (1)

Les thèses en didactique des sciences ont débuté vers 1978, avec une explosion de leur nombre vers 1988 (entre 1988 et 1998, six thèses par an en moyenne en France pour la didactique des SVT) ; les équipes de recherche sont petites ou concernent des individus isolés ; leurs travaux s'inscrivent dans une histoire de recherche plus grande (Piaget, Bachelard, Canguilhem). Au niveau du positionnement institutionnel des chercheur.se.s du champ des didactiques disciplinaires, plusieurs rattachements ont été possibles au cours de l'histoire, selon qu'ils ou elles étaient rattaché.e.s aux départements de leur discipline d'origine (mathématiques pour les chercheur.se.s en didactique des mathématiques, linguistique pour les chercheur.se.s en didactique du français, etc.) ; aux départements des sciences de l'éducation ; ou encore aux institutions de formation des enseignant.e.s (Rumelhard, 1998). « Rares sont les cas d'insertion dans les départements de psychologie, pour ne pas parler des départements de sociologie, d'anthropologie ou des sciences de la communication dans lesquels les chercheurs en didactique sont absents. Les didacticiens d'une même discipline se sont ainsi trouvés confrontés à des réalités institutionnelles contrastées et dont les objets traditionnels ne sont pas ceux des didacticiens. » (Schubauer-Leoni, 2017)

Les communautés de chercheur.se.s en didactique se sont constituées autour de lieux de débats (revues spécialisées dans un champ de didactique disciplinaire, séminaires, écoles d'été...), pour mieux articuler et partager leurs visions, nécessairement diverses. Notons dans ce cadre la naissance d'associations de chercheur.se.s en didactique depuis les années 1980 : parmi d'autres, l'[Association internationale pour la recherche en didactique du français](#) en 1986, l'[Association pour la recherche en didactique des mathématiques](#) en 1994, l'ARDIST en 1998, l'[Association pour la recherche en didactique de l'anglais](#) en 2009.

Ces différents travaux ou tentatives de rapprochement ont eu pour effet selon Schubauer-Leoni (2017) de permettre à toutes les didactiques, dans le périmètre francophone, de se positionner « à l'égard des systèmes de concepts qui ont marqué, depuis la didactique des mathématiques, la naissance du champ ». Nous avons vu par exemple la manière dont la didactique des sciences et des technologies s'est emparée du concept de transposition didactique, issu de la didactique des mathématiques.

Repères : état des lieux du paysage de la recherche en 1998 (2)

Avant la création de l'ARDIST en juin 1998 à l'INRP à Paris (voir le [dossier](#) publié dans la revue *Aster*), deux organisations étaient structurantes pour le champ de la didactique des sciences et des technologies : le séminaire de didactique des sciences physiques, organisé annuellement entre 1991 et 1997 ; et l'Association européenne de didactique de la biologie, l'AEDB. Martinand (1998) ajoute les « Journées de Chamonix » organisées depuis 1979 et regroupant chercheur.se.s, formateur.rice.s et praticien.ne.s. Dans les années 1990 se créent un DEA de didactique des disciplines scientifiques à Genève puis plusieurs associations : l'[ESERA](#) (European Science Education Research Association) et l'[ERIDOB](#) (European Research in Didaktik of Biology), en 1996 en Allemagne, à l'initiative de l'AEDB. En 1998, les statuts de l'ARDIST imposent la parité entre « sciences de la matière, de la vie, de la Terre (certains ajouteront de l'univers), techniques, technologies, ou génie (mécanique, électrique, biologique, des matériaux), santé, environnement, agroalimentaire [...] d'où le regroupement en sciences (expérimentales ou non) et techniques » (Rumelhard, 1998). En 2010, Dupin (2010) note que sur les 219 communications présentées aux Rencontres de l'ARDIST entre 1999 et 2007, 37 % relèvent du champ de la didactique des sciences physiques, 26 % de celui de la didactique des SVT (surtout biologie), 4 % de celui de la didactique de la technologie ; 64 % des communications en didactique des sciences physiques concernent l'enseignement secondaire, 58 % en didactique des SVT. Une priorité pour ce chercheur est de développer le champ de recherche à l'international, pour varier davantage les références et les cadres théoriques.

L'essor récent de la didactique comparée

Lors du colloque « [Didactique\(s\) : quel dialogue au sein des sciences de l'homme et de la société](#) » organisé en novembre 2015 à l'initiative de l'ARCD, Toullec-Théry invite les participant.e.s à tenir ensemble les quatre formes qui s'entrecroisent à l'école :

- la forme scolaire, organisation des routines scolaires résultant d'une construction sociale et culturelle propre à chaque pays ;
- la forme curriculaire, c'est-à-dire la manière dont sont choisis les programmes disciplinaires, mais aussi la question des finalités éducatives transmises à travers ces programmes ;
- la forme des objets d'apprentissage, étudiés par les chercheur.se.s en didactique mais dépendant du contexte scolaire ;
- et la forme disciplinaire, qui invite à replacer chaque objet d'apprentissage enseigné dans son ancrage et son histoire disciplinaires.

Toullec-Théry préconise également de partager, au-delà des recherches en didactiques, les notions de contrat didactique ou de malentendus sociocognitifs. Pour Schubauer-Leoni (2017), l'apport de la didactique comparée est de s'engager « *dans le travail décisif d'articulation entre composantes spécifiques et composantes génériques des pratiques d'enseignement.* »

La didactique comparée, qui ne doit pas être confondue avec un éventuel regroupement des didactiques disciplinaires ou spécifiques sous la bannière de la « didactique générale », apporte une « *déconstruction [...] des similitudes et des différences naturalisées dans les conceptions usuelles des savoirs et des disciplines* », amenant ainsi les chercheur.se.s en didactique à la fois à une réflexion et un progressif décloisonnement de leur champ. Sensevy et Ligozat (2017) notent trois directions que les travaux de recherche en didactique comparée ont prises au cours du temps :

- des « *réflexions centrées sur des concepts candidats au comparatisme* », parmi lesquels la transposition didactique ;
- un élargissement des champs didactiques à des domaines non strictement disciplinaires ;
- une centration plus forte sur les pratiques enseignantes effectives et ordinaires, mises en perspective avec le travail des élèves.

PENSER LES RELATIONS ENTRE SCIENCES, TECHNOLOGIES ET SOCIÉTÉ

Après avoir vu l'importance de l'environnement de l'apprenant.e au moment de la construction de ses connaissances scientifiques, nous abordons les enjeux d'apprentissage concernant la maîtrise des savoirs scientifiques : comment amener les apprenant.e.s à maîtriser durablement toutes les dimensions des savoirs scientifiques ? Et pourquoi les apprendre, dans quel objectif dépassant la classe de science ou de technologie ? Quelles difficultés cela pose-t-il ?

Une centration sur la démarche d'investigation nous permettra d'introduire la nécessité de combiner, pour l'enseignement des sciences et des technologies, à la fois une formation des futur.e.s scientifiques à même de situer le champ des sciences et des technologies dans la société, possédant leur propre système de valeurs, de controverses, qui leur permette un regard critique sur leurs propres pratiques, et un enseignement, voire une éducation scientifique, qui permette aux élèves d'être des citoyen.ne.s ayant pleinement conscience des enjeux scientifiques, à travers notamment l'apprentissage des questions socialement vives.



Repères : l'adoption d'un point de vue curriculaire

« La valeur des contenus scientifiques enseignés dans les disciplines, lorsqu'elles doivent contribuer à l'éducation au développement durable (EDD), ne repose plus alors uniquement sur leur seule vérité, mais aussi sur leur "implication sociétale", leur capacité à éclairer rationnellement les enjeux et à fournir des repères objectifs pour l'action. Or, rappellent les auteurs, les didactiques des disciplines en général, et celle des sciences en particulier, ont développé le plus souvent, en France, un type de recherches axées sur les savoirs de type notionnels et conceptuels, avec pour référence intellectuelle l'épistémologie de la recherche ; elles offrent dans ce contexte peu de repères pour les "éducation à...". C'est donc un point de vue curriculaire, qui ne préjuge ni des contenus ni des formes scolaires, que les auteurs retiennent pour aborder la question de l'EDD. » (Hasni & Lebeaume, 2010)

FOCUS SUR LA DÉMARCHÉ D'INVESTIGATION : DU SCIENTIFIQUE À L'ÉLÈVE

Depuis quelques années, le champ de la didactique des sciences et des technologies a évolué, notamment sous l'influence du nouvel objectif de l'enseignement secondaire : organiser « une formation scientifique de base du citoyen [... pour] le former à comprendre non seulement des contenus, mais aussi le fonctionnement des sciences » (Mercier & Tiberghien, 2017). Ces auteur.e situent dans un même mouvement les travaux portant sur la démarche d'investigation, les questions socialement vives et la nature des sciences définie plus avant.

Définition et enjeux de l'investigation en sciences

C'est en effet depuis les années 2000 que les programmes d'enseignement français mentionnent explicitement la démarche d'investigation, que ce soit en primaire (dans les programmes de 2002, suite à l'opération « La main à la pâte ● » lancée en 1995 par Charpak et l'Académie des sciences) ou dans le secondaire (pour les collèges en 2005, les lycées professionnels en 2009 et les lycées généraux et technologiques en 2010). Notons que dans le cas du collège, la démarche d'investigation est explicitée dans l'introduction commune des programmes de mathématiques, sciences physiques et

chimiques et sciences de la vie et de la Terre en 2005, la technologie s'ajoutant en 2008. Ces programmes « s'inscrivent dans la perspective d'un changement de pratiques davantage centré sur le développement des compétences [...]. Cette démarche [d'investigation], qui est initiée par un problème et qui s'articule autour de la formulation et du test d'hypothèses ou de conjectures, relève de la transposition d'une démarche scientifique hypothético-déductive [...]. Ce choix confirme la volonté de rompre avec l'inductivisme » (Prieur et al., 2013)

Pour Calmettes et Matheron (2015), l'engouement pour ces démarches d'investigation est international et elles auraient été introduites pour lutter contre la désaffection des jeunes pour les études scientifiques, en relevant « le défi d'un renouvellement des démarches d'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif, plus motivant » (Calmettes & Matheron, 2015). Côté français, ce type de démarche peut être rapproché de ce qui a été mis en place au tout début des années 2000, comme les itinéraires de découverte au collège ou les travaux personnels encadrés au lycée, puisque ces enseignements sont également fondés sur l'activité des élèves, dans une démarche de projet ●. La démarche de projet technique est quant à elle plus ancienne et « constitue le marqueur fort de la voie technologique en permettant à l'élève de se confronter à la complexité du réel à travers l'observation et l'expéri-

La [Fondation « La main à la pâte »](#), qui continue l'opération depuis 2011, participe à l'accompagnement et au développement professionnel des enseignant.e.s de science et à la mise en œuvre d'une pédagogie d'investigation.

C'est l'équivalent français du *project-based learning*, très développé actuellement dans l'enseignement supérieur scientifique, et qui consiste à apprendre à travers la mise en œuvre d'une production, dans le cadre d'un projet (Reverdy, 2013 ; Bell, 2010).

mentation ; cette démarche et le recours qu'elle induit aux nouvelles technologies développent des compétences et savoir-faire spécifiques » (Henriet et al., 2016 ; Amigues et al., 1994).

Notons que l'utilisation de la démarche d'investigation s'inscrit dans la continuité des recherches en didactique des sciences, en prenant en compte « un modèle d'apprentissage de type socio-constructiviste [...], une responsabilité [des élèves] dans la construction de connaissances scientifiques, en rupture avec leurs conceptions initiales, en privilégiant les interactions sociales. L'enseignant conserve sa part de responsabilité dans l'élaboration de la situation et dans la structuration de ces connaissances. » (Prieur et al., 2013 ; Grangeat, 2011)

L'idée d'enseignement scientifique fondé sur l'investigation (ou *inquiry-based science education* provenant de l'*inquiry-based learning*) est définie par le Réseau mondial des académies des sciences par « un développement progressif d'idées scientifiques fondamentales chez les élèves, grâce à l'apprentissage de l'investigation et de la construction de connaissances, afin de comprendre le monde qui les entoure. Les élèves appliquent les compétences utilisées par les scientifiques telles que le questionnement, la collecte de données, le raisonnement et l'examen des preuves à la lumière des connaissances disponibles, l'établissement de conclusions et la discussion des résultats ». Notons que, « dans l'enseignement, l'investigation peut intervenir dans des domaines comme l'histoire, la géographie, les arts, mais aussi la science, les mathématiques, la technologie et l'ingénierie. » (Harlen, 2013)

Historiquement, comme nous l'apprend Barrow (2006), le mot d'investigation (*inquiry*) a eu plusieurs significations différentes, désignant l'investigation des scientifiques, une méthode d'enseignement ou la capacité des élèves à reproduire la démarche scientifique. La démarche d'investigation est tout d'abord associée aux méthodes actives mises en place par Dewey au début du XX^e siècle, qui a considérablement influencé la manière d'aborder l'apprentissage aux États-Unis et au Royaume-Uni. Pour Dewey, l'élève doit être actif dans son apprentissage, ce qui suppose la prise en compte de ses propres expériences, et doit être en position de chercher des réponses à ses questions, dans une démarche réflexive. La démarche scientifique précisée par Dewey en 1944 implique : une présentation du problème, une formulation des hypothèses, une collecte de données pendant une expérimentation et la formulation d'une conclusion.

Après la Seconde Guerre mondiale, des rapprochements sont souhaités entre les recherches scientifiques et l'enseignement des sciences : les élèves sont encouragés à visiter des laboratoires, lire des travaux de recherches, etc. (Couture et al., 2015). Dans les années 1980, les démarches d'investigation (*inquiry*) mises en place par les enseignant.e.s sont étudiées par le Project Synthesis (Barrow, 2006) à la fois comme contenu d'enseignement, mais aussi comme méthode d'enseignement : les résultats de cette enquête montrent que les enseignant.e.s n'utilisent qu'assez peu ces démarches d'investigation, à cause de la centration des curriculums et des manuels sur les savoirs à acquérir plutôt que sur les démarches scientifiques. À cette même époque un projet de grande envergure, [Project 2061](#), est lancé par l'American Association for the Advancement of Science, visant à long terme « à améliorer l'enseignement des sciences pour aider tous les Américains à obtenir une culture scientifique en mathématiques, sciences et technologie ».

Comme nous l'avons vu plus haut dans les travaux sur les conceptions des élèves, le concept de conflit sociocognitif aide à ex-



pliquer la manière dont les élèves peuvent amorcer un changement conceptuel, en ce qu'il peut motiver les élèves à faire le changement conceptuel attendu. C'est le rôle de la démarche d'investigation, pour Bächtold (2012), de faire émerger ces conceptions en mettant en œuvre « *la phase de discussion collective conduisant à l'identification du problème à investiguer ou la phase de travail en petits groupes visant à déterminer les hypothèses à explorer [qui] sont considérées comme des occasions pour les élèves de faire l'épreuve de conflits sociocognitifs* ». Cariou (2013) précise quant à lui les critères proposés par différent.e.s chercheur.se.s pour caractériser une démarche de type investigation, portant sur l'implication de l'élève, le rôle de l'enseignant.e et la démarche elle-même.

Des difficultés pour enseigner la démarche d'investigation

Reprenant les documents officiels du National Research Council de 1996 et de 2000 sur les démarches d'investigation et la définition des standards en enseignement des sciences, Barrow (2006) précise que « *les enseignant.e.s de science doivent savoir que les démarches d'investigation impliquent :*

- *les habiletés cognitives que leurs élèves doivent développer ;*
- *une compréhension des démarches utilisées par les scientifiques pour répondre aux questions de recherche qu'ils ou elles se posent ;*
- *une variété de stratégies d'enseignement qui aide les élèves à mieux comprendre l'investigation scientifique, à développer leurs capacités d'investigation et à comprendre les concepts scientifiques. »*

On retrouve ces mêmes questionnements en France chez les enseignant.e.s de primaire, souvent peu familier.e.s des démarches scientifiques et peu formé.e.s à un enseignement scientifique ou technologique, qui se trouvent confronté.e.s à trois contradictions majeures : « *l'organisation de séances en sciences face à la nécessité de faire faire des sciences aux élèves ; la notion de faire faire des sciences au regard d'apprendre les résultats de la science ; la démarche scientifique - outil pour apprendre les sciences, opposée à la démarche scientifique - objet d'enseignement en soi.* » (Marlot, 2015)

Pour lever ces contradictions, outre des actions de formation continue, Marlot (2015) insiste sur le rôle de l'enseignant.e lors de la construction des séquences d'investigation (identification et prise en compte des conceptions-obstacles des élèves) et de la part d'autonomie qu'il ou elle peut laisser aux élèves ●. L'étude des représentations des enseignant.e.s vis-à-vis de la démarche d'investigation montre qu'elle est vue à la fois et de manière paradoxale comme une méthode scientifique expérimentale où l'observation a toute sa place mais qu'il faut suivre étape par étape, et comme une démarche davantage centrée sur l'élève, de résolution de problème, plus ouverte (Prieur et al., 2013). Par ailleurs, l'attention quasi exclusive portée au caractère expérimental de l'enseignement des sciences, important par ailleurs, a quelque peu éclipsé d'autres aspects, comme dans le cadre des sciences de la Terre : il existe un « *risque de les limiter à des sciences expérimentales, quand nous avons vu qu'elles sont également des sciences historiques.* » (Maurines & Orange Ravachol, 2016)

Dans l'enseignement primaire français, « *il y a des formats de séquences plus simples à mettre en œuvre [...] [comme] en sciences physiques, le format PACS où l'élève Prévoit ce qui va se passer en produisant des Arguments (cet objet va t-il flotter ou couler), puis il Confronte ses prévisions avec la réalité de l'expérimentation et enfin, l'enseignant aide à prendre la mesure de l'écart entre le prévu et l'effectif, c'est la Synthèse. Ce qui importe, c'est que les élèves, à chaque étape, disposent des connaissances nécessaires afin de se départir d'opinions non fondées en raison. Le rôle du professeur est donc central.* » (Marlot, 2015)

Repères : la didactique des sciences de la Terre et de l'Univers

« *Les sciences de la Terre et de l'Univers constituent un champ de savoir et un ensemble de pratiques qui s'enracinent dans l'histoire naturelle. En se centrant sur des problèmes et des objets spécifiques, elles se sont développées en se diversifiant en de nombreuses disciplines et sous-disciplines : astronomie, cosmologie, géologie, climatologie, etc. Certaines sont porteuses de débats sur les relations science-métaphysique et science-religions, d'autres se voient de plus en plus associées à des questions sociétales (environnement, risques naturels, etc.)* » (Maurines & Orange-Ravachol, 2016). L'en-

seignement de ces sous-disciplines est moins exploré par les recherches en didactique comparative- ment à d'autres disciplines ou sous-disciplines (mécanique, électricité, chimie, biologie). Les travaux en didactique des sciences de la Terre et de l'Univers portent essentiellement sur les conceptions des élèves et sur les situations d'enseignement, mais « *peu de travaux s'intéressent aux enseignants* ». Des travaux récents portent sur la nature des sciences et mettent en évidence l'importance de la dimension historique (reconstitution de l'histoire de la Terre, voir Orange-Ravachol, 2012) qui s'ajoute forcément à la dimension scientifique (étude du fonctionnement de la Terre). La revue [Journal of Geoscience Education](#) a été créée en 1951 et la revue [Astronomy Education Review](#) a été publiée entre 2001 et 2013.

Les problématiques soulevées par la mise en place de la démarche d'investigation en France reflètent celles auquel l'enseignement des sciences de manière générale est soumis. Faut-il copier le fonctionnement de la recherche expérimentale dans l'enseignement en faisant des élèves des chercheurs.se.s novices ? Faut-il entraîner l'élève dans une démarche active, avec un esprit systématique de questionnement, d'interrogation des phénomènes observés pour l'aider à problématiser, pour un meilleur accès à la compréhension scientifique ? Faut-il former des citoyens ayant une culture scientifique de base afin d'envisager les questions complexes et globalisées de notre société ? C'est toutes ces questions que cette troisième partie envisage, avec l'aide des nombreux et récents travaux de recherche portant sur ce lien entre école, recherche et société.

COMPRENDRE LA NATURE DES SCIENCES

L'apprentissage en sciences et en technologie est souvent comparé à la démarche de recherche des scientifiques. Pourquoi ce parallèle fréquent ? En quoi la référence à l'activité des scientifiques permet-elle d'adopter un nouveau regard sur les savoirs scientifiques eux-mêmes, dans le prolongement des éclairages sociologiques de la construction historique et culturelle des savoirs ?

Maurines *et al.* (2013) indiquent que le terme de « nature des sciences » « *vise à mettre en relief la dimension "épistémologique" de l'apprentissage-enseignement et à distinguer les objectifs d'enseignement relatifs aux connaissances en sciences de ceux relatifs aux connaissances sur les sciences* ». Lederman (2006) donne sa propre définition

de la « nature des sciences », ou plutôt la « nature des connaissances scientifiques » : Il s'agit du caractère épistémologique de la démarche scientifique, c'est-à-dire la manière dont le savoir scientifique est développé dans la démarche scientifique, son caractère partial, culturel, social, forcément relatif, expérimental.

Pour connaître les représentations des élèves vis-à-vis de la démarche scientifique, des travaux de recherche rassemblés par Maurines *et al.* (2013) donnent à voir une incohérence de ces représentations avec l'activité scientifique réelle, correspondant « *à une image empirico-inductive et réaliste "naïve" des sciences* ». De leur côté, les enseignant.e.s transmettent aux élèves de façon inconsciente l'image qu'ils ou elles ont des sciences, qui est rarement explicitée car secondaire par rapport à l'acquisition de savoirs scientifiques.

Pour travailler de façon plus explicite cette nature des sciences, ce qui semble être le seul moyen de faire évoluer les représentations des élèves sur ce terrain, les recherches proposent deux voies : « *mettre les élèves dans une posture de chercheur* », ce qu'on retrouve avec la démarche d'investigation, et introduire des « *éléments d'histoire des sciences* » (Maurines *et al.*, 2013). Une illustration peut être faite en technologie, matière pour laquelle, dès les années 1970, les pratiques pédagogiques se tournent vers des activités concrètes de fabrication pour « *donner aux élèves le goût de l'expérimentation et [...] satisfaire leur curiosité vis-à-vis du monde scientifique et technique qui les entoure et qu'ils découvrent à cet âge* » (Lebeaume, 1998).



« Le modèle investigation-structuration est issu de travaux de recherches collaboratives. Il est un tout. Il associe de manière complémentaire et cohérente trois types d'activités [activités fonctionnelles des élèves ; activités heuristiques de problématisation ; activités systématiques de structuration par l'enseignant.e] qui permettent d'articuler de façon modulée des références empiriques (concret) et théoriques ou conceptuelles (abstrait) de différents niveaux, du sens commun vers une approche scientifique. Ces activités présentent des spécificités qui sont décrites en termes de modalités d'apprentissage et de styles d'enseignement. La modélisation de ces trois types d'activités et le modèle investigation-structuration tiennent compte de la nécessité de penser et de tenir, à la fois, les trois termes de l'expression "enseigner et apprendre des sciences". » (Calmettes & Boilevin, 2014)

L'épistémologie comme vigie de la didactique des sciences et des technologies

Dans ce Dossier, nous utiliserons la définition de l'épistémologie proposée par Bächtold (2012) : « Le terme épistémologie est entendu ici au sens, non pas de philosophie de la connaissance en général (ce qui correspond à l'acception anglo-saxonne la plus courante du terme epistemology), mais de philosophie des connaissances scientifiques, la discipline visant à décrire comment les connaissances scientifiques sont constituées, comment elles évoluent, quel est leur rapport avec la réalité (et quelle réalité), etc. ».

Deux acceptions sont ainsi possibles pour l'épistémologie, selon qu'elle s'intéresse uniquement au processus d'élaboration des savoirs scientifiques ou qu'elle prend en compte la dimension

humaine et sociale des sciences (philosophie des sciences, sociologie des sciences, histoire des sciences, psychologie des sciences). Maurines *et al.* (2013) adoptent ce deuxième point de vue, en privilégiant « l'individu et ses pratiques et non les savoirs scientifiques : ceux-ci sont considérés comme résultant d'activités réalisées par des individus travaillant au sein d'une communauté et vivant dans un contexte socio-culturel et temporel donné. »

Les premières recherches en didactique des sciences avaient déjà soulevé « la critique d'une tradition empiriste de l'enseignement des sciences, prégnante aussi bien dans la leçon de choses (enseignement élémentaire) que dans la méthode de redécouverte (sciences naturelles, secondaire), critique qui a débuté dès les années 1960 (Kahn, 2000), sur le terrain pédagogique. » (Lhoste & Orange, 2015) L'apport de l'histoire des sciences

Repères : nécessité des approches historique et épistémologique

Pour Clément (1998), les approches historique et épistémologique sont apparues dès le début de la didactique de la biologie : les travaux de philosophie de la biologie de Canguilhem (dans les années 1960) ou Stengers (1987, 1997, cité par Clément, 1998), et ceux des biologistes ou des chercheurs en didactique de la biologie. Ces derniers, pour Rumelhard (1998), doivent se garder de se concentrer sur la seule épistémologie, au risque de tomber dans une « une véritable épistémophilie pour ne pas dire une épistémolâtrie », au détriment des questions de finalités éducatives politiques et éthiques. Coquidé-Cantor et Vander Borgh (1998) précisent trois finalités dans l'enseignement de la biologie : finalités utilitaires comme les règles d'hygiène à apprendre, largement mises en avant dans la formation professionnelle où l'opérationnalisation est importante ; finalités démocratiques, pour « la construction attentive de la rationalité du futur citoyen et dans l'exercice de son esprit critique : il s'agit de faire en sorte qu'enseigner des savoirs biologiques ne revienne pas à inculquer une croyance » ; finalités éthiques (« engagement au service de valeurs »). Il faut alors expliciter ces valeurs dans l'enseignement.

Une démarche inductive part d'observations et mène à une hypothèse ou à un modèle scientifique. La démarche déductive part de l'hypothèse pour l'appliquer à un cas d'observation.

Nous pouvons esquisser un parallèle avec la didactique de l'histoire, pour laquelle la modélisation des savoirs peut être envisagée comme « une médiation entre les problématisations historiques scientifiques (celles des historiens) et les problématisations historiques scolaires, permettant d'éviter le double écueil d'une analogie non contrôlée et d'une séparation insurmontable entre les deux mondes en jeu (scolaire et scientifique). Une des spécificités de la modélisation des problématisations consiste à tenir ensemble les textes de savoir et les pratiques de mise en texte de ces savoirs » (Doussot, 2017 ; Anheim & Girault, 2015).

à la didactique est assez complexe (de Hosson & Schneeberger, 2011). Une première idée avancée par plusieurs travaux de recherche sur les conceptions des élèves est celle d'un parallèle entre les conceptions récurrentes des élèves et les conceptions historiques des scientifiques des siècles précédents, confronté.e.s aux mêmes phénomènes scientifiques. Ce parallèle provient de Kuhn (1983) dans son ouvrage *La structure des révolutions scientifiques* : le conflit sociocognitif des élèves serait analogue à la crise scientifique décrite par Kuhn, obligeant les élèves à un changement conceptuel équivalant à un changement de paradigme lors des révolutions opérées par les scientifiques. Deuxième aspect de l'analogie : la résistance au changement conceptuel des élèves peut être rapprochée de celle des scientifiques face à l'abandon des théories précédentes. Ce parallèle a été cependant remis en cause car on ne peut comparer les processus de développement cognitif d'un seul individu et de toute une communauté scientifique (Bächtold, 2012).

Dans le cadre de l'enseignement des sciences, pour Astolfi et Develay (2002), l'objectif de « développer chez [les élèves] des attitudes, des méthodes de pensée qui s'apparentent à celles que les scientifiques mettent en œuvre dans leur laboratoire » est compromis lorsque la présentation des résultats scientifiques en classe se fait en omettant leur construction non linéaire et située dans le temps, ou encore lorsque le caractère scientifique ou non d'une expérience classique n'est pas interrogé. Se posent alors des questions didactiques difficiles : « comment peut-on apporter des explications et en même temps introduire le doute sur ces explications ? Le modèle et le réel : les limites du modèle, ce qu'il permet d'expliquer et ce qu'il n'explique pas. Ce questionnement est-il présent au niveau du processus d'apprentissage ? » (Astolfi & Develay, 2002).

Par exemple, en physique-chimie, l'expérience a souvent un rôle de « monstration », impliquant de manière implicite le fait que la démarche scientifique soit

inductive, et donc que la pédagogie par induction soit la meilleure ● : or il n'en est rien, l'élève n'est pas un chercheur et « la démarche "naturelle" n'est qu'un mythe » (Beaufils, 1998) ●. Dans le cadre de l'électrocinétique, la technologie s'est construite en référence à des pratiques sociales : par exemple, le moteur asynchrone utilisé dans l'industrie a été adapté comme outil d'enseignement. Beaufils met ainsi en évidence un ensemble complexe « activités-instruments-méthodes-démarche » pour le choix des contenus d'enseignement, correspondant à un modèle épistémologique large pour la démarche scientifique et à une modélisation expérimentale, pour que les élèves prennent conscience de toutes les dimensions de la démarche scientifique.

Repères : histoire, philosophie et sociologie des sciences... et épistémologie

« À l'exception de la psychologie des sciences, encore peu développée, et de la politologie des sciences, qui ne forme pas encore vraiment une spécialité reconnue dans les départements de science politique, l'histoire, la philosophie et la sociologie des sciences sont devenues des spécialités relativement autonomes les unes des autres au cours des années 1960 et 1970. [...] Leur objet commun – les sciences – fait en sorte qu'elles ont aussi interagi à divers moments et à divers degrés. Ainsi, l'histoire des idées scientifiques soulève des questions intéressantes pour l'épistémologue qui voit dans les faits historiques matière à philosopher, alors que l'histoire sociale et institutionnelle peut difficilement éviter des questions d'ordre sociologique. Enfin, les sociologues empruntent souvent leurs matériaux aux historiens, certains allant jusqu'à affirmer que l'épistémologie elle-même a un fondement social. » (Gingras, 2017)



Pour lutter contre la dogmatisation des connaissances, Clément (1998) propose que l'enseignant.e invite les élèves à recycler leurs connaissances, grâce à une culture scientifique ancrée sur l'histoire des connaissances (pas de vérité absolue), sur la démarche de recherche (et ses limites) et sur des concepts transdisciplinaires. Il faut également des recherches qui permettent de comprendre les évolutions des contenus proposés dans les curriculums, comme en SVT la place accordée à l'écologie, à la génétique ou à l'immunologie, au détriment de sciences plus descriptives comme la botanique ou la zoologie.

Couture et al. (2015) ont réalisé un historique des travaux anglo-saxons portant sur les pratiques efficaces en sciences et technologie. De leur analyse, elles dégagent des critères devant faire l'objet d'une réflexion et d'une construction collectives entre enseignant.e.s et chercheur.se.s pour permettre l'implantation de nouvelles pratiques :

- « susciter le questionnement ;
- engager l'élève dans des démarches d'investigation riches et variées ;
- établir des liens avec des problématiques sociales ;
- mobiliser différentes formes de langage utilisées en sciences et technologies ;
- intégrer des technologies de l'information et des communications dans un processus de construction de connaissances ;
- intégrer autant les démarches que les connaissances dans l'évaluation des compétences. » (Couture et al., 2015)

La problématisation dans la démarche scientifique

Historiquement, comme évoqué dans la première partie, l'apprentissage des sciences s'ancre dans une approche rationaliste du savoir, avec Bachelard, Popper et Canguilhem notamment. L'apprentissage par la problématisation, ou « la participation de l'élève à la construction de problèmes, depuis l'élaboration du problème jusqu'à sa résolution » (Santini & Crépin-Obert, 2015),

est un moyen d'accès à la connaissance scientifique. On retrouve des travaux de recherche sur la problématisation, par exemple pour l'étude des controverses en classe. « *La problématisation scientifique est caractérisée comme "une mise en tension explicite de deux registres, le registre empirique et celui des modèles"* » (Saavedra et al., 2013). Dans d'autres matières scolaires, c'est surtout la résolution de problème qui est un objet de recherche, et ce terme plus générique ne prend pas en compte l'élaboration du problème, mais plutôt la phase de résolution (Feyfant, 2015).

Pour Orange (2005), la problématisation est une façon de penser les relations entre problèmes, connaissances et solutions, relations circulaires puisque par exemple la résolution d'un problème entraîne de nouvelles connaissances permettant de résoudre d'autres problèmes. La problématisation peut être également vue comme la construction explicite d'un champ des solutions possibles, en lien avec deux caractéristiques essentielles du travail scientifique : la relation dynamique entre savoirs et problèmes, et l'apodicticité (le caractère de nécessité) des savoirs produits. Par exemple, l'étude de la digestion par les élèves entraîne « *différentes problématiques [qui] conduisent à la nécessité de la transformation des aliments dans le tube digestif (pour permettre le passage dans le sang), puis à la nécessité de leur transformation chimique (pour rendre possible l'assimilation). Ces nécessités, qui ne viennent pas simplement de constats empiriques mais de la construction critique de modèles explicatifs dans un cadre donné, donnent aux savoirs sur la digestion et la nutrition leur véritable valeur scientifique et institue ainsi, en plusieurs étapes, le concept de la digestion.* » Orange (2005) note l'importance du travail langagier dans les problématisations et les conceptualisations scientifiques.

La mise en place de démarches qui impliquent une problématisation entraîne une difficulté soulevée par Perron et Boilevin (2017) : comment les élèves réussissent-ils ou réussissent-elles à s'appropriier le problème à résoudre ? Ces chercheur.se montrent que cette appropriation

tion est liée à la dévolution engagée par l'enseignant.e, à savoir la manière dont il ou elle « fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (Brousseau, 1998, cité par Perron & Boilevin, 2017). C'est l'engagement du processus de dévolution par l'enseignant.e vis-à-vis de tou.te.s ses élèves qui peut entraîner un conflit cognitif chez l'élève, à l'origine d'une appropriation forcément individuelle du problème.

DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE

Comme le fait remarquer Schubauer-Leoni (2017), le terme « didactique » venu de la tradition francophone des recherches en didactique ne s'exporte pas vraiment outre-Atlantique où il est connoté négativement, comme le terme de pédagogie ●. Le courant de recherche correspondant dans les pays anglophones est appelé *education* (*science education* pour la didactique des sciences). Dans cette partie, nous utiliserons le terme « éducation scientifique et technologique » pour tenir compte de l'approche particulière centrée sur l'apprenant.e et son nécessaire engagement citoyen, à l'image de l'éducation au développement durable et des questions socioscientifiques.

« Plus les biologistes sauront identifier ce qui, chez eux, relève de discours scientifiques et ce qui relève de prises de position idéologiques ou éthiques, plus ils permettront aux enseignants de ne pas mélanger les genres : l'éducation scientifique doit aussi apprendre à reconnaître ses propres limites, et son articulation nécessaire avec des valeurs éthiques et citoyennes. » (Clément, 1998)

Simonneaux (2010) propose quatre opérations nécessaires pour l'étude d'un « rai-

sonnement socioscientifique » : « analyse de la complexité inhérente à la question étudiée ; examen de la question à partir de différents points de vue ; perception que la question doit être soumise à des recherches complémentaires ; expression de scepticisme vis-à-vis d'informations qui peuvent être biaisées ». S'ajoutent potentiellement à ces opérations l'identification des risques, l'évaluation de savoirs produits par tou.te.s les acteur.rice.s, la prise en compte des valeurs ou principes moraux, l'analyse des modes de gouvernance et des rapports de force locaux ou globaux (notamment la concertation des individus concernés).

Appréhender l'étude du vivant en biologie

L'étude du vivant en biologie est un premier exemple d'enseignement qui implique fortement l'apprenant.e, à la fois dans sa manière d'appréhender le vivant au-delà de lui-même ou d'elle-même, qui diffère selon les cultures, les religions et le contexte d'apprentissage, et dans un rapport forcément personnel au corps. Coquidé (2015) propose de mobiliser le concept allemand de *Bildung*, improprement traduit par « éducation », et qui recouvre « différentes dimensions éducatives [comme les] dimensions anthropologiques (conceptions sur le monde, construction identitaire...) et [les] dimensions socio-culturelles (visée de travail, de choix de profession, d'orientation de sa vie, d'action culturelle, de participation sociale...) ». Ce terme peut être défini par l'exploitation de toutes les potentialités d'un.e apprenant.e dans « un processus éducatif au sens large, avec des perspectives de développement personnel, social, professionnel et politique ».

L'observation et l'étude d'autres êtres vivants supposent à la fois un « vécu biologique », c'est-à-dire un « ressenti global du corps », une « conscience de situation éprouvée », mais aussi un dialogue entre l'être vivant et son milieu extérieur : « Avec un point de vue phénoménologique, Pichot (1982) retient une définition de la vie comme processus par lequel l'être

Dans les pays du Sud de l'Europe, en revanche, il existe une diffusion relativement importante des travaux des didactiques francophones.



se constitue lui-même en une entité distincte de ce qui devient ainsi son milieu extérieur » (Coquidé, 2015). Partant de ces considérations et dans la perspective de favoriser une éducation biologique, Coquidé (2015) envisage trois approches du vivant :

- une approche analytique, qui découpe « la réalité en autant de parties qu'il [est] nécessaire pour que l'objet étudié devienne simple », approche qui a été utilisée historiquement pour compartimenter les domaines de recherches en sous-domaines et structurer les contenus d'enseignement. Cette approche peut permettre l'apprentissage des concepts mais ne peut pas être pertinente pour aborder la complexité des organismes vivants ;
- une « approche du vivant comme extension », qui prend en compte la complexité du vivant et « peut favoriser la compréhension de l'importance de l'aléatoire dans la biologie [et] contribuer à l'acceptation de l'incertain et l'appropriation d'une pensée statistique » ;
- enfin une « approche du vivant comme relations », qui prend en compte l'expérience vécue des apprenant.e.s et la question de leur « relations au milieu [et aux autres êtres vivants], de [leur] rapports au monde ». De plus en plus de musées ou de parcs zoologiques plongent ainsi le public à l'intérieur d'écosystèmes complexes, vivants, d'où il peut à la fois observer les comportements animaux et développer un rapport émotionnel, au-delà de la simple prise d'informations.

Diffusion des connaissances scientifiques : quels enjeux ?

L'éducation scientifique se situe dans un cadre plus large que celui de la classe, puisqu'elle implique personnellement tout.e apprenant.e. Simonneaux (2010) souhaite éduquer à une sorte de citoyenneté scientifique, dans la lignée des travaux sur la « littératie scientifique », apparus dans les années 1950. Hodson (2010) indique que le contenu de cette « littératie scientifique » est discuté depuis plusieurs années, mais propose de le partager en trois catégories :

- la littératie scientifique pratique, pour la vie quotidienne ;
- la littératie scientifique civique, utile pour être un.e citoyen.ne éclairé.e, qui est pour Hodson (2010) la plus importante, et doit être enseignée dans l'enseignement obligatoire avant toute spécialisation ;
- la littératie scientifique culturelle, pour posséder une culture générale scientifique.

Depuis sa création en 2006, la revue de recherche [Cultural Studies of Science Education](#) s'adresse aux chercheur.se.s dont les travaux sont au croisement entre l'éducation scientifique et les *cultural studies* ●, considérant l'éducation scientifique comme un phénomène culturel, inter-âge, interdisciplinaire. Désirant refléter la diversité des recherches en éducation scientifique, cette revue s'intéresse aux différents environnements dans lesquels elle peut être étudiée : les musées, les parcs zoologiques, les laboratoires, etc.

Voir pour une approche synthétique sur ce champ de recherche l'article Eduveille « [Culture légitime contre culture populaire ? Pas si simple...](#) ».

Pour Duit et al. (2008), la notion de « littératie scientifique » vue par exemple à travers l'enquête internationale PISA (« Programme for International Student Assessment ») est très large et ambitieuse puisqu'elle inclut « les compétences des élèves non seulement au niveau de la compréhension des concepts et des principes scientifiques, mais aussi [...] de l'investigation scientifique aussi bien que des idées sur la nature de la science ».

Contrairement à ce qu'ils préconisent, les programmes français ne laissent que peu de place au développement de la littératie scientifique, à tel point qu'il y a un risque de réductionnisme pour Maurines et Orange Ravachol (2016) : « *Le discours sur la science, les sciences, est largement implicite dans les programmes de sciences de*

la vie et de la Terre comme il l'est dans les programmes de physique-chimie. Les deux disciplines scolaires renvoient l'idée que les pratiques scientifiques ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent d'autres pratiques [... mais] elles minorent le travail d'élaboration théorique de la science. Alors même qu'elles se donnent comme objectif fort de se démarquer des croyances, elles ne cessent de cultiver une vision réductrice de leurs démarches, en faisant de l'expérimentation une garante de l'objectivité scientifique. »

Cette littérature scientifique peut être mise en œuvre lors d'un regroupement de disciplines. Pour Hodson (2010), l'approche science-technologie-société, initiée notamment par Gallagher dans les années 1970, répondait à un souci de former des citoyens capables de prendre en compte les relations entre la science, la technologie et la société dans leurs futurs choix électoraux. Il y a eu ensuite un glissement de cette approche vers la prise en charge des problématiques socioscientifiques (avec le développement du concept de nature des sciences), mais qui s'est fait selon Hodson (2010) en tenant insuffisamment compte des aspects éthiques ou du « *potentiel pédagogique inhérent à la discussion* » des questions socioscientifiques, réduites à des controverses et des dilemmes. L'auteur est donc pour une éducation des questions socialement vives qui laisse une grande part à l'engagement des élèves dans des actions sociopolitiques. Pour cela il plaide pour un curriculum de STSE (science-technologie-société-environnement) qui puisse s'intégrer dans le curriculum existant et permettre aux élèves de s'engager dans une action pour l'environnement. Mais les enseignant.e.s sont-ils ou sont-elles prêt.e.s à ce que les élèves aient un esprit critique très développé, si besoin contre l'institution elle-même ? ●

La mise en place massive dans les classes de méthodes pédagogiques fondées sur la démarche d'investigation, aux États-Unis notamment, a montré ses limites dans les années 2010, à commencer par les difficultés de mise en place de ces méthodes par les enseignant.e.s, même après for-

mation, et la baisse de l'intérêt des élèves vis-à-vis des matières scientifiques. Le pari du nouveau cadre du National Research Council américain, *A framework for K-12 Science Education* est de regrouper les matières scientifiques pour « *donner aux enfants une vision du monde cohérente et scientifique* », ainsi que de favoriser les démarches de modélisation et de problématisation, qui puissent refléter l'activité scientifique (Couture et al., 2015). ●

Repères : la didactique de la chimie

L'enseignement de la chimie a fortement évolué depuis 1945, en passant « *d'une science descriptive et classificatoire à une science des structures et des modèles* » (Martinand, 1998).

Des réseaux de recherches en didactique (comme RECODIC, Recherches coopératives en didactique de la chimie) ont impliqué de nombreux chercheurs.se.s et les Olympiades de la chimie ont permis d'apporter des innovations pédagogiques. Les problèmes inhérents à la didactique de la chimie étaient pour Martinand (2010) un manque de prise en compte des liens entre chimie et industrie et le fait que la didactique de la chimie ressemblait davantage (dans les années 1990) à la juxtaposition d'une expertise chimique et des recherches en sciences de l'éducation, sans prise en compte des problèmes didactiques spécifiques.

De la même manière qu'aux États-Unis, est née en France en 2006 l'expérimentation de l'EIST ([Enseignement intégré des sciences et des technologies](#)), qui vise à regrouper les enseignements de SVT, technologie et sciences physiques en classe de 6^e et de 5^e en un seul enseignement « intégré » et présenté par un ou une enseignant.e d'une de ces matières. Les

On rejoint ici les problématiques soulevées par les « *éducations à...* » (Reverdy, 2015).

Voir côté européen la création de la communauté [Scientix](#) (Baldursson & Stone, 2015).



objectifs sont à la fois de « *développer le goût des sciences pour les élèves ; faciliter la transition entre l'école élémentaire et le collège ; donner une cohérence entre les disciplines scientifiques et technologiques ; pratiquer la démarche d'investigation telle qu'elle est inscrite dans les programmes de sciences et technologie* ». Notons qu'après la réforme des programmes en 2016, les horaires de ces trois matières sont regroupés pour tous les collèges, les établissements ayant le choix de démarrer, poursuivre ou arrêter l'EIST, qui est toujours une expérimentation.

Les évaluations qui ont été réalisées sur ce dispositif expérimental (DEPP, 2012 ; Coquidé *et al.*, 2013) sont en demi-teinte : les résultats des élèves et leur attitude par rapport aux sciences ne semblent pas avoir évolué grâce à l'EIST. Mais ceci est souvent le cas dans les approches interdisciplinaires réalisées dans un cadre scolaire, avec des traditions disciplinaires difficilement conciliables (Reverdy, 2015). Qui plus est, l'EIST doit s'appuyer sur la démarche d'investigation dont on a vu les spécificités disciplinaires et les difficultés de mise en place, ne serait-ce que pour une seule matière. La construction de séquences d'EIST implique également une forte adaptation des programmes disciplinaires, à réaliser par des enseignant.e.s plutôt habitué.e.s à une approche très détaillée des contenus à enseigner qu'à une approche curriculaire.

Comment enseigner les questions scientifiques socialement vives ?

Il existe une pression sociétale pour traiter dans les matières scientifiques les questions socialement vives, qui sont indispensables à aborder pour tou.te.s les citoyen.ne.s vivant dans un monde globalisé. Il revient à l'école de développer l'ouverture aux questions complexes. Legardez (2006) définit les questions socialement vives comme des problématiques déjà présentes dans la société et qui sont vives sur trois plans : dans la société (elles font par exemple l'objet d'un traitement médiatique), dans les savoirs de référence (débat entre spécialistes disciplinaires

ou entre professionnel.le.s), dans les savoirs scolaires puisque les enseignant.e.s doivent adopter de nouvelles pratiques pédagogiques pour les aborder. L'enseignement des questions socialement vives est situé dans le champ des recherches sur le « *traitement didactique des interactions sciences-technologies-sociétés* » et rentre donc dans les problématiques socioscientifiques (*socioscientific issues*). Cette thématique est « *cruciale pour l'enseignement à l'heure où les expertises scientifiques sont controversées et mises en débat dans la société* » (Simonneaux, 2010).

Pour Audigier *et al.* (2015), ce sont les sciences de la nature, les technologies et les sciences du monde social, historiquement prises dans l'opposition nature/société, qui sont particulièrement touchées par « *l'injonction d'articulation de ce qui s'enseigne et de ce qui se discute dans la société, [... comme] l'introduction de curriculums par compétences ; la recherche de nouvelles dénominations de certains objets de formation [...] rassemblés [...] sous le terme Éducation à... ; la promotion d'approches pédagogiques impliquant plus fortement les élèves ; l'incitation à faire intervenir dans l'École d'autres acteurs supposés plus en prise sur la société, etc.* ». Ceci entraîne des « *recompositions disciplinaires* » et on observe par exemple des « *généralisations de pratiques à plusieurs disciplines (celle du débat par exemple)* ». (Audigier *et al.*, 2015)

Une des modalités souvent utilisées pour enseigner les questions socialement vives à l'école est le débat en classe, qui est au cœur de l'enseignement du savoir scientifique, qui s'argumente de manière rationnelle et implique un développement de l'esprit critique. Les objectifs du débat doivent être travaillés pour dépasser l'aspect *a priori* belliqueux et unifier les différents points de vue (Rumelhard, 2010). Pour Simonneaux (2010), l'étude des débats en classe est l'occasion d'améliorer les changements conceptuels des élèves, d'articuler les savoirs entre différentes disciplines, de prendre en compte les dimensions émotionnelles et sociales des apprentissages, et la dimension épistémologique. ●

● Signalons un dossier de la revue *Spirale* de 2013 entièrement consacré à la question : [L'enseignement intégré de science et de technologie \(EIST\) au collège : à la recherche d'un curriculum.](#)

● L'enseignement des questions socialement vives en sciences peut être étudié avec l'apport de la psychologie sociale et des sciences de la communication, qui révèlent par exemple l'impact des identités disciplinaires, des postures des enseignant.e.s, des facteurs psychosociologiques sur les comportements des enseignant.e.s et des élèves. Notons aussi l'influence des médias, et en particulier la manière dont ils « *questionnent ou renforcent l'autorité culturelle de l'institution scientifique* » (Simonneaux, 2010).

Les enseignant.e.s peuvent utiliser certaines stratégies dans l'organisation de débats entre élèves, comme les stratégies de manipulation dans les jeux de rôle ou les « dérangements épistémologiques » pour déstabiliser les élèves sur les méthodologies employées ou sur leurs certitudes scientifiques. L'argumentation joue un rôle particulier dans ces débats (Gaussel, 2016a).

Par ailleurs, le choix des questions socialement vives à enseigner aux élèves peut se faire en fonction de la « distance axiologique et affective » aux élèves, c'est-à-dire en commençant par l'étude de questions socialement vives situées dans l'environnement proche des élèves, puis de questions socialement vives locales qui « interpellent leur système de valeurs »

(Simonneaux, 2010). On retrouve cette gradation avec Hodson (2010) qui propose quatre niveaux d'appréhension des questions socialement vives :

- appréhender l'impact sociétal dû à l'évolution des sciences et des technologies ;
- savoir qu'il y a des intérêts particuliers, souvent liés au pouvoir, qui faussent les décisions pouvant alors être prises au détriment de certaines personnes ;
- développer sa propre opinion et ses propres arguments pour la défendre (par exemple les raisons pour lesquelles il faut recycler les déchets) ;
- se préparer et agir sur des questions vives socioscientifiques ou environnementales (par exemple changer sa manière de consommer).

Repères : la didactique de la biologie

En 1975 est créée une première option de DEA de didactique de la biologie, de l'éducation à l'environnement puis de géologie à l'université Paris 7. À partir de 1988, on recense environ six thèses par an en moyenne en France. La didactique des SVT doit beaucoup aux historiens des sciences qui l'ont encouragée. « *Les sciences de la vie se définissent en tension entre un réductionnisme physico-chimique et des conceptions philosophiques ou métaphysiques tels les concepts de vie ou de santé eux-mêmes. La didactique oscille de même en tension entre une préoccupation de scientificité et un engagement militant au service d'une préoccupation éthique et politique* ». Dans le cadre de la recherche de scientificité, des conflits apparaissent entre les enseignant.e.s qui décident de rester sur le « terrain » et les enseignant.e.s devenu.e.s chercheur.se.s ou expert.e.s. Il y a alors risque d'une certaine hiérarchie et d'une déresponsabilisation des enseignant.e.s qui feraient appel aux expert.e.s en cas de besoin (Rumelhard, 1998). La revue *Aster*, s'adressant à la fois aux chercheur.se.s et aux enseignant.e.s concerné.e.s par la didactique des sciences expérimentales, est créée par l'INRP en 1985. Elle concerne davantage la didactique des SVT, et fusionnera en 2010 avec la revue *Didaskalia*, revue francophone concernant davantage la didactique des sciences physiques et des technologies, et qui avait été créée par l'INRP en 1993. La revue née de cette fusion est *RDST* (*Recherches en didactique des sciences et des technologies*).

Les enseignant.e.s éprouvent des difficultés dans l'enseignement des questions socialement vives, et notamment quand il est question de la neutralité qu'ils ou elles doivent adopter vis-à-vis des élèves. Simonneaux (2010) a observé quatre postures différentes ● :

- une neutralité exclusive, liée souvent au positivisme en science, mais qui n'est pas tenable car les enseignant.e.s

arrivent avec des valeurs à transmettre à l'école ;

- une partialité exclusive, qui risque de mener à l'endoctrinement ;
- une impartialité neutre qui respecte le contrat didactique mais qui n'aide pas les élèves à s'engager (Reverdy, 2015) ;
- une impartialité engagée : « *les enseignants donnent leur point de vue tout*

De même, à propos d'une recherche sur l'enseignement de la biodiversité, Lhoste et Voisin (2013) notent « *la difficulté rencontrée par les enseignants à prendre en charge les questions politiques à l'école.* »



en favorisant l'analyse de points de vue en compétition sur les controverses ».

Côté institutionnel, la pression sociétale qui incite à enseigner les questions scientifiques socialement vives devient parfois tellement forte qu'elle éloigne l'enseignement des sciences d'autres perspectives, comme le notent deux spécialistes de la didactique des sciences de la Terre, à propos des nouveaux programmes de 2015 : « On assiste ainsi à deux types d'évolution : une mise à l'écart des problèmes historiques socialement "froids" que sont les problèmes de reconstitution du passé de la Terre et une valorisation des problèmes de devenir de la planète, des problèmes socialement "chauds" comme celui du réchauffement climatique. [...] Force est de constater que cette approche est théoriquement et méthodologiquement très éloignée des pratiques des scientifiques contemporains » (Maurines & Orange Ravachol, 2016).

« Une question socialement vive est dans son fonctionnement étrangère voire contradictoire à la discipline scolaire ; son importation dans l'enseignement se fait au prix d'un changement de définition, qui écarte les débats scientifiques et pose les débats sociaux comme des dysfonctionnements résultant des préjugés et des ignorances ; ceci permet de lui conférer une légitimité forte [...] par une reconfiguration qui évite que le modèle dominant soit ébranlé et dans laquelle les finalités jouent un rôle clé. » (Tutiaux-Guillon, 2015)

QUELQUES PERSPECTIVES

La revue [International Journal of Science Education](#) existe depuis 1978 et s'appelait auparavant l'*European Journal of Science Education* (Gilbert et al., 2003) : le premier volume contenait 476 pages réparties sur

4 numéros, le volume 24 en 2002 contenait 1 332 pages réparties sur 12 numéros. Les rédacteurs et rédactrices en chef se sont spécialisé.e.s au fur et à mesure de l'extension de la revue, de l'Europe à l'Asie, à l'Océanie et à l'Amérique du Nord. À l'occasion d'un bilan réalisé en 2003, Gilbert et al. (2003) sont surpris.es de la récurrence des thématiques, qui se retrouvent presque à l'identique dans le premier numéro et 25 ans plus tard... comme l'importance du langage dans l'apprentissage et l'enseignement, l'apprentissage informel qui connaît un succès grandissant depuis, ou l'éducation à l'environnement.

Les questions fondamentales de la didactique des sciences et des technologies se posent toujours et reviennent régulièrement sur le devant de la scène pour Martinand (2010), car elles sont réinterrogées en permanence. Pour lui, c'est aux chercheur.se.s d'adopter une posture curieuse, « proactive », requise pour « les bouleversements imposés ou souhaités [face auxquels] invention et exploration des possibles doivent aller très loin [...] C'est donc tout le rapport des chercheurs à la pratique potentielle d'enseignement et de formation qui est en cause dans ces situations fréquentes où il n'existe pas de pratique réelle correspondant aux prescriptions [...], mais où il a cependant déjà des éléments précurseurs de pratiques possibles, et où il importe que s'engage une dynamique d'anticipation/mise en œuvre/accompagnement/formation/médiation. »

Il ajoute une réflexion sur ce qu'est la didactique dans ces conditions : « Une discipline de recherche scientifique ou plutôt de recherche et développement, de nature plus technologique ? [...] Une discipline académique de recherche sur des disciplines du secondaire [...], donc en réalité une multiplicité de didactiques de discipline, ou un champ de disciplines de recherche qui trouvent leur justification et leur terrain chaque fois qu'une "responsabilité par rapport à des contenus" peut être partagée entre des chercheurs, des enseignants, des formateurs, des administrateurs ? »

BIBLIOGRAPHIE

Vous retrouverez ces références et quelques autres dans notre [bibliographie collaborative en ligne](#), qui comprend le cas échéant des accès aux articles cités (en accès libre ou en accès payant, selon les abonnements électroniques souscrits par votre institution).

- Agostini Marie & Ginestié Jacques (2012). Réflexion sur l'utilité et le sens des enseignements technologiques. *Penser l'éducation*, n° 32, p. 15-29.
- Amigues René *et al.* (1994). La place de la technologie dans l'enseignement général et les recherches actuelles sur son enseignement. *Didaskalia*, n° 4, p. 57-72.
- Anheim Etienne & Girault Bénédicte (2015). L'histoire, entre enseignement et recherche. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 70, n° 1, p. 141-149.
- Astolfi Jean-Pierre (1991). Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences. L'exemple de la géologie à l'école élémentaire. *Aster*, n° 13, p. 157-186.
- Astolfi Jean-Pierre & Develay Michel (2002). *La Didactique des sciences* [6^e éd.]. Paris : PUF.
- Astolfi Jean-Pierre *et al.* (2008a). Introduction. Didactique des sciences et formation des enseignants. In *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck, p. 5-13.
- Astolfi Jean-Pierre *et al.* (2008b). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.
- Audigier François *et al.* (2015). Avant-propos. In *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances ?* Bruxelles : De Boeck, p. 9-10.
- Bachelard Gaston (2004). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Librairie J. Vrin.
- Bächtold Manuel (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, n° 38, p. 6-39.
- Baldursson Robert & Stone Michael (2015). *Scientix 2 Results. How Scientix adds value to STEM education*. Bruxelles : European Schoolnet.
- Barrow Lloyd (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, vol. 17, n° 3, p. 265-278.
- Beaufile Daniel (1998). Vingt années de thèses en didactique de la physique et de la chimie. *Aster*, n° 27, p. 23-43.
- Bell Stephanie (2010). Project-based learning for the 21st Century: Skills for the future. *The Clearing House*, vol. 83, n° 2, p. 39-43.
- Boilevin Jean-Marie (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- Calmettes Bernard & Boilevin Jean-Marie (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *RDST*, n° 9, p. 103-128.
- Calmettes Bernard & Matheron Yves (2015). Les démarches d'investigation : utopie, mythe ou réalité ? *Recherches en éducation*, n° 21, p. 3-11.
- Cariou Jean-Yves (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST*, n° 7, p. 137-166.
- Catel Laurence *et al.* (2002). « Rapport au savoir » et apprentissage différencié de savoirs scientifiques de collégiens et de lycéens : Quelles questions ? *Aster*, n° 35, p. 123-148.
- Chatoney Marjolaine (2013). *Étudier, concevoir, fabriquer & utiliser des artefacts techniques*. Habilitation à diriger des recherches, Aix-Marseille-Université.
- Cheneval Armand Hélène (2010). *Approche didactique de l'enseignement de la prévention des risques professionnels en baccalauréat professionnel*. Thèse, université de Provence Aix-Marseille 1.



- Chesnais Aurélie *et al.* (2017). Étudier les effets de formations sur les pratiques : réflexions sur les liens entre connaissances et pratiques. *RDST*, n° 15, p. 97-130.
- Chevallard Yves (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné* [2^e éd.]. Grenoble : la Pensée sauvage.
- Chevallard Yves & Johsua Marie-Alberte (1982). Un exemple d'analyse de la transposition didactique : la notion de distance. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 3, n° 2, p. 159-239.
- Clément Pierre (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, n° 27, p. 57-93.
- Clément Pierre (2010). Conceptions, représentations sociales et modèles KVP. *Skholé*, vol. 16, p. 55-70.
- Closset Jean-Louis (2002). La didactique des sciences : ses acquis, ses questions. *Cahiers du service de pédagogie expérimentale de l'Université de Liège*, n° 9-10, p. 101-111.
- Commission Lagarrigue (1976). Projet de contenus pour l'enseignement des sciences physiques en classes de sixième et de cinquième. *L'actualité chimique*.
- Coquidé Maryline (2015). « Se sentir vivant » : quels enjeux d'éducation biologique ? *SHS Web of Conferences*, vol. 21, p. 03001.
- Coquidé Maryline (2016). Éléments rétrospectifs et perspectives pour la didactique des sciences et la didactique du curriculum. *Éducation et didactique*, vol. 10, n° 3, p. 21-31.
- Coquidé-Cantor Maryline & Vander Borght Cécile (1998). Des recherches en didactique de la biologie : finalités, problématiques, concepts et productions (1988-1998). *Aster*, n° 27, p. 95-123.
- Coquidé Maryline *et al.* (2013). D'un curriculum auto-prescrit à des curriculums co-produits : le cas de l'enseignement intégré de science et technologie au collège. *Spirale*, n° 52, p. 9-33.
- Cormier Caroline (2014). *Étude des conceptions alternatives et des processus de raisonnement des étudiants de chimie du niveau collégial sur la molécule, la polarité et les phénomènes macroscopiques*. Thèse, Université de Montréal.
- Couture Christine *et al.* (2015). Développer des pratiques d'enseignement des sciences et des technologies : selon quels critères et dans quelle perspective ? *RDST*, n° 11, p. 109-132.
- de Hosson Cécile & Schneeberger Patricia (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *RDST*, n° 3, p. 9-20.
- Deltour Arnault & Mangez Éric (2015). Recompositions curriculaires et sociétés. Le cas de l'approche par compétences. In François Audigier *et al.* (dir.), *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances ?* Bruxelles : De Boeck, p. 37-50.
- DEPP (2012). *L'enseignement intégré de science et de technologie (EIST) en 2008-2009 : ressenti et pratiques des enseignants*. Paris : DEPP.
- Doussot Sylvain (2017). Modélisation des problématisations historiques en classe et chez les historiens. *Recherches en éducation*, n° 29, p. 22-37.
- Duit Reinders *et al.* (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. In Stella Vosniadou (dir.), *International handbook of research on conceptual change*. New-York : Routledge, p. 629-646.
- Dupin Jean-Jacques (2010). Dix ans de travaux en didactique vus à partir des actes des rencontres de l'ARDIST. *Skholé*, vol. 16, p. 9-16.
- Dupin Jean-Jacques & Johsua Samuel (1994). Analogies et enseignement des sciences : une analogie thermique pour l'électricité. *Didaskalia*, n° 3, p. 9-26.
- Feyfant Annie (2006). *Apprentissages fondamentaux et psychologie de l'éducation : reflets de l'actualité*. La lettre d'information, n° 20, septembre. Lyon : INRP.
- Feyfant Annie (2013). *Quels contenus pour l'enseignement obligatoire ?* Dossier de veille de l'IFÉ, n° 85, juin. Lyon : ENS de Lyon.
- Feyfant Annie (2015). *La résolution de problèmes de mathématiques au primaire*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 105, novembre. Lyon : ENS de Lyon.

- Gausssel Marie (2016a). *Développer l'esprit critique par l'argumentation : de l'élève au citoyen*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 108, février. Lyon : ENS de Lyon.
- Gausssel Marie (2016b). *L'éducation des filles et des garçons : paradoxes et inégalités*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 112, octobre. Lyon : ENS de Lyon.
- Gilbert John *et al.* (2003). Science Education: From the past, through the present, to the future. *International Journal of Science Education*, vol. 25, n° 6, p. 643-644.
- Ginestié Jacques (2005). Filles ou garçons, seuls ou à deux : Quelle influence sur les activités de production en éducation technologique ? *Aster*, n° 41, p. 217-246.
- Ginestié Jacques (2009). Thinking about Technology Education in France: A brief overview and some aspects of investigations. In Jones Alister & Marc De Vries (dir.), *International Handbook of research and development in technology education*. Rotterdam : Sense Publisher, p. 31-40.
- Gingras Yves (2017). *Sociologie des sciences* [2^e éd.]. Paris : PUF.
- Giordan André & Girault Yves (1994). *Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones*. Paris : UNESCO ; IIPÉ.
- Grangeat Michel (dir.) (2011). *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves*. Lyon : ENS Éditions.
- Harlen Wynne (2013). *Evaluation et pédagogie d'investigation dans l'enseignement scientifique : De la politique à la pratique*. Trieste : IAP, réseau mondial des Académies des sciences.
- Hasni Abdelkrim & Lebeaume Joël (2010). L'enseignement scientifique et technologique : nouvelles orientations curriculaires, nouveaux défis. In *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique*. Ottawa : Presses de l'Université d'Ottawa, p. 1-16.
- Henriot Alain *et al.* (2016). *Le bilan de la réforme de la voie technologique*. Rapport public n° 2016-060. Paris : Inspection générale de l'Éducation nationale ; Inspection générale de l'administration de l'Éducation nationale et de la Recherche.
- Hodson Derek (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, vol. 10, n° 3, p. 197-206.
- Jameau Alain (2017). Connaissances professionnelles et travail documentaire des enseignants : une étude de cas en chimie au lycée. *RDST*, n° 15, p. 33-58.
- Kermen Isabelle & Izquierdo-Aymerich Mercè (2017). Connaissances professionnelles didactiques des enseignants de sciences : un thème de recherche encore récent dans les recherches francophones. *RDST*, n° 15, p. 9-32.
- Kuhn Thomas (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.
- Lahire Bernard (2007). La sociologie, la didactique et leurs domaines scientifiques. *Éducation et didactique*, vol. 1, n° 1, p. 73-81.
- Lebeaume Joël (1998). Repères pour une histoire de la didactique des enseignements technologiques. *Aster*, n° 27, p. 5-16.
- Lebeaume Joël (2010). La didactique de la technologie dans l'univers des didactiques. *Skholé*, vol. 16, p. 25-34.
- Lebeaume Joël (2015). La dynamique de composition, fragmentation et recomposition curriculaires et disciplinaires, l'exemple de la Technologie dans le second degré en France. In François Audigier *et al.* (dir.), *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recombinaisons, nouvelles alliances ?* Bruxelles : De Boeck, p. 51-64.
- Lederman Norman (2006). Research on Nature of Science: Reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, vol. 7, n° 1.
- Legardez Alain (2006). Enseigner des questions socialement vives. Quelques points de repères. In *L'école à l'épreuve de l'actualité*. Issy-les-Moulineaux : ESF, p. 19-31.
- Lehraus Katia & Rouiller Yviane (2008). Introduction : De la diversité des approches d'enseignement/apprentissage coopératives. In *Vers des apprentissages en coopération : Rencontres et perspectives*. Berne : Peter Lang, p. 1-28.



- Lhoste Yann (2017). *Epistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.
- Lhoste Yann & Orange Christian (2015). Quels cadres théoriques et méthodologiques pour quelles recherches en didactique des sciences et des technologies ? *RDST*, n° 11, p. 9-24.
- Lhoste Yann & Voisin Carole (2013). Repères pour l'enseignement de la biodiversité en classe de sciences. *RDST*, n° 7, p. 107-134.
- Liénard Georges & Mangez Éric (2017). Curriculum (sociologie du). In Agnès van Zanten & Patrick Rayou (dir.), *Dictionnaire de l'éducation* [2^e éd.]. Paris : PUF, p. 134-139.
- Marlot Corinne (2015). L'investigation scientifique en classe. *Fenêtres sur cours*, n° 417, p. 30-31.
- Martinand Jean-Louis (1986). *Connaître et transformer la matière : des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Berne ; New-York : Peter Lang.
- Martinand Jean-Louis (1998). Didacticiens et didactiques des sciences et techniques de la matière, quelques observations. *Aster*, n° 27, p. 17-22.
- Martinand Jean-Louis (2010). Remarques conclusives. In Abdelkrim Hasni & Joël Lebeaume (dir.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique*. Ottawa : Presses de l'Université d'Ottawa, p. 247-255.
- Maurines Laurence & Orange Ravachol Denise (2016). Les sciences de la Terre et de l'Univers : des recherches didactiques qui questionnent leurs caractéristiques épistémologiques. *RDST*, n° 14, p. 9-36.
- Maurines Laurence *et al.* (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *RDST*, n° 7, p. 19-52.
- Mercier Alain & Tiberghien Andrée (2017). Didactique des mathématiques et des sciences. In Agnès van Zanten & Patrick Rayou (dir.), *Dictionnaire de l'éducation* [2^e éd.]. Paris : PUF, p. 187-190.
- Orange Christian (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, vol. 38, n° 3, p. 69-94.
- Orange Ravachol Denise (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre : Entre phénomènes et événements*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Paun Emil (2006). Transposition didactique : un processus de construction du savoir scolaire. *Carrefours de l'éducation*, n° 22, p. 3-13.
- Perron Séverine & Boilevin Jean-Marie (2017). L'appropriation du problème par des élèves en sciences expérimentales lors d'une « démarche d'investigation » : cas d'élèves français âgés de 14 ans. *RDST*, n° 15, p. 203-234.
- Prieur Michèle *et al.* (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *RDST*, n° 7, p. 53-76.
- Reuter Yves *et al.* (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* [3^e éd.]. Bruxelles : De Boeck.
- Reverdy Catherine (2013). *Des projets pour mieux apprendre ?* Dossier d'actualité Veille & Analyses, n° 82, février. Lyon : ENS de Lyon.
- Reverdy Catherine (2015). *Éduquer au-delà des frontières disciplinaires*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 100, mars. Lyon : ENS de Lyon.
- Rey Olivier (2010). *Contenus et programmes scolaires : comment lire les réformes curriculaires ?* Dossier de veille de l'IFÉ, n° 53, avril. Lyon : ENS de Lyon.
- Rumelhard Guy (1998). Thèmes, thèses, tendances. *Aster*, n° 27, p. 3-4.
- Rumelhard Guy (2010). Dix ans de recherche en didactique des SVT. *Skholé*, vol. 16, p. 17-24.
- Saavedra Reinaldo *et al.* (2013). Comment une situation d'investigation policière fait évoluer les conceptions d'élèves de troisième sur l'ADN. *RDST*, n° 7, p. 77-106.

- Santini Jérôme & Crépin-Obert Patricia (2015). Analyse comparée de séances de géologie à l'école primaire. Problématisation et action conjointe élève-professeur. *RDST*, n° 11, p. 25-52.
- Schneeberger Patricia (2008). Travail langagier et construction de savoirs en sciences. *Les Dossiers des sciences de l'éducation*, vol. 20, n° 1, p. 89-104.
- Schneuwly Bernard (2014). Didactique : construction d'un champ disciplinaire. *Education & didactique*, vol. 8, n° 1, p. 13-22.
- Schubauer-Leoni Maria-Luisa (2017). Didactique. In Agnès van Zanten & Patrick Rayou (dir.), *Dictionnaire de l'éducation* [2^e éd.]. Paris : PUF, p. 167-173.
- Sensevy Gérard (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy Gérard & Ligozat Florence (2017). Didactique comparée et générale. In Agnès van Zanten & Patrick Rayou (dir.), *Dictionnaire de l'éducation* [2^e éd.]. Paris : PUF, p. 173-177.
- Simonneaux Laurence (2010). Questions socialement vives. Questions socioscientifiques controversées, mise en perspective des recherches. *Skholé*, vol. 16, p. 45-54.
- Tiberghien Andrée & Venturini Patrice (2015). Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos. *RDST*, n° 11, p. 53-78.
- Treagust David F. & Duit Reinders (2009). Multiple Perspectives of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, vol. 32, n° 2, p. 89-104.
- Tutiaux-Guillon Nicole (2015). Questions socialement vives et recomposition disciplinaire de l'histoire-géographie : entre opportunités et résistances. In François Audigier et al. (dir.), *Sciences de la nature et de la société dans une école en mutation. Fragmentations, recompositions, nouvelles alliances ?* Bruxelles : De Boeck, p. 39-150.
- Venturini Patrice & Cappiello Pascale (2009). Comparaison des rapports aux savoirs de la physique et des SVT. *Revue française de pédagogie*, n° 166, p. 45-58.





▶ **Pour citer ce dossier :**

Reverdy Catherine (2018). *Les recherches en didactique pour l'éducation scientifique et technologique*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 122, février. Lyon : ENS de Lyon. En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accueil&dossier=122&lang=fr>

▶ **Retrouvez les derniers Dossiers de veille de l'IFÉ :**

- Gausse Marie (2018). *À l'école des compétences sociales*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 121, janvier. Lyon : ENS de Lyon.
En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accueil&dossier=121&lang=fr>
- Endrizzi Laure (2017). *L'avenir de l'université est-il interdisciplinaire ?* Dossier de veille de l'IFÉ, n° 120, novembre. Lyon : ENS de Lyon.
En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accueil&dossier=120&lang=fr>
- Reverdy Catherine (2017). *L'accompagnement à l'école : dispositifs et réussite des élèves*. Dossier de veille de l'IFÉ, n° 119, juin. Lyon : ENS de Lyon.
En ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA/detailsDossier.php?parent=accueil&dossier=119&lang=fr>

▶ **Abonnez-vous aux Dossiers de veille de l'IFÉ :**
<http://ife.ens-lyon.fr/vst/abonnement.php>

© École normale supérieure de Lyon
Institut français de l'Éducation
Veille et Analyses

15 parvis René-Descartes BP 7000 – 69342 Lyon cedex 07
veille.scientifique@ens-lyon.fr
Standard : +33 (04) 26 73 11 24
ISSN 2272-0774