
POSTURES ÉPISTÉMOLOGIQUES DES PROGRAMMES FRANÇAIS D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES (CYCLES 1 À 4)

Benjamin GERMANN¹

Université Toulouse 2 - INSPÉ Toulouse Occitanie Pyrénées - Site d'Albi
IRES Toulouse Groupe sciences et media

Résumé. L'épistémologie est la branche de la philosophie qui s'intéresse au statut, à la portée du discours scientifique ainsi qu'à ses méthodes et procédures de validation. Les programmes d'enseignements français intègrent-ils des éléments épistémologiques ? Ces éléments sont-ils explicitement revendiqués ou plutôt implicites ? De plus, ces postures épistémologiques sont-elles étayées ou relèvent-elles plutôt d'un patchwork ou du sens commun ? Cet article vise à répondre à ces questions à partir d'une analyse des formulations des textes officiels régissant l'enseignement des sciences de l'école primaire et du collège.

Mots-clés. Épistémologie, programme, sciences.

Introduction

Le journal *Le Monde* publiait le 27 avril 2005 un article de Corine Lesnes intitulé *Inquiétante offensive des créationnistes américains*. Elle y fait part des tentatives de quelques croyants de modifier les contenus d'enseignements de certains états américains pour y inclure l'enseignement de la « théorie » créationniste. Jeune enseignant de SVT, acquis à la cause évolutionniste, je ne pouvais que souscrire à cette dénonciation de la journaliste. Pourtant, bien plus tard, une phrase retint mon attention : les fondamentalistes

ne réclament pas qu'on enseigne le créationnisme dans les écoles, mais qu'on mette fin à la « censure » et que l'on admette que l'évolution puisse être contestée, ce qui, pour l'immense majorité des scientifiques, relève de l'hérésie.

Corine Lesnes se propulse dès lors dans une posture dogmatique qui ne semble pas présenter de différence avec la posture des fondamentalistes qu'elle s'emploie à dénoncer. Si les connaissances scientifiques s'élaborent au sein du laboratoire, il revient en revanche à l'épistémologie de s'interroger sur la portée et la valeur du discours scientifique.

L'épistémologie est une branche de la philosophie qui s'intéresse au statut de la connaissance scientifique. L'épistémologie constitue une étude critique des sciences destinée à déterminer leur origine logique, leur valeur, leur portée. Comment se construit cette connaissance scientifique ? Quelles méthodologies sont mises en œuvre par les scientifiques pour parler du monde ? Quelle vérité établit-on en sciences ? Quelles procédures d'objectivation du discours sont employées ? Quelles différences existe-t-il entre une connaissance scientifique et une croyance, un dogme ? Que nous apprend la science sur le monde qui nous entoure ? Comment travaillent concrètement les scientifiques ? Quelles sont, en fin de compte, les visées de la science ?

¹ benjamin.germann@univ-tlse2.fr

L'épistémologie contemporaine a quelque peu ébranlé les conceptions que nous pouvions avoir des sciences. Soler (2003) rappelle par exemple ce qu'elle n'est plus :

On peut en outre souligner qu'un assez large accord s'est progressivement dégagé au sein de la philosophie des sciences contemporaine à propos de ce que la science n'est pas : pas un face à face simple entre l'homme et la nature, le premier proposant, la seconde tranchant ; ni une activité déterminée par des faits irréfutables donnés indépendamment de toute hypothèse et de toute norme humaines ; ni un développement cumulatif consistant simplement à préciser et à compléter un noyau de vérités préalablement acquis et définitivement à l'abri de toute remise en cause ; ni non plus une pratique complètement autonome, coupée du reste de la société, de sa culture, de ses conditions historiques matérielles et intellectuelles... (Soler, 2003, p. 38).

Mais alors, qu'est-ce que la science ?² Si les acceptions du mot « science » sont nombreuses (la science vue comme une méthode, une somme de connaissances historiquement et culturellement située, une communauté de scientifiques, la technoscience, l'alliée des puissants...), la définition des sciences que nous retiendrons dans le présent écrit est celle d'un ensemble de démarches et de postures critiques, situées historiquement et sociologiquement (Cariou, 2019) visant à construire des descriptions et des explications cohérentes et/ou efficaces sur le monde qui nous entoure. Ce projet humain se propose ainsi de poser un discours réfutable (susceptible d'être mis en défaut) et périssable (susceptible d'être abandonné) à visée universaliste sur le monde matériel qui nous entoure.

1. Définition du champ de l'étude : quelle est la portée épistémologique des textes officiels régissant l'enseignement des sciences à l'école ?

Nous souhaitons ici interroger la valeur épistémologique des textes officiels définissant l'enseignement des sciences à l'école. Ces textes sont la référence dont doivent institutionnellement s'emparer les enseignants afin de mettre en œuvre en classe un enseignement des sciences. Certes, les textes officiels vont définir les connaissances et compétences scientifiques à enseigner. Mais tout porte à croire qu'il puisse aussi exister au sein des textes officiels un au-delà épistémologique : ces textes officiels ne pourraient-ils pas véhiculer certaines conceptions épistémologiques de la science ? Il s'avère nécessaire de se demander si ces postures épistémologiques sont explicitement revendiquées dans les programmes ou bien si elles sont implicites. Sont-elles cohérentes entre elles ou relèvent-elles d'un patchwork épistémologique hétéroclite ? Ces postures relèvent-elles d'une construction étayée et instruite, ou bien se rattachent-elles à une épistémologie intuitive s'appuyant sur un réalisme prononcé, un empirisme fort et une croyance en un progrès continu des sciences ? En somme, à quoi peut bien ressembler l'épistémologie scolaire prescrite par les textes officiels ?

En fin de compte, les textes officiels favorisent-ils une certaine vision de la science ? En effet, ces postures épistémologiques fondent d'une certaine manière la vision que nous, enseignants, nous nous construisons de la science. Si les programmes d'enseignement influencent la manière dont nous percevons ou comprenons les sciences, il semble très important d'en prendre conscience. Mais n'en est-il pas de même pour nos élèves ? Par notre entremise ou celle de manuels scolaires, ne concourons-nous pas à transmettre aux élèves une certaine vision des sciences, de leur fonctionnement, de leur portée ? Si tel est le cas, il s'avère impératif de rendre explicite les postures épistémologiques des textes officiels car celles-ci participent à la construction par les élèves d'une représentation des sciences.

² Se reporter à Chalmers (1982) ou Silberstein (2017, 2018).

L'enseignement des sciences à l'école primaire et au collège correspond aux premiers éléments de culture scientifique transmis de manière institutionnelle. Y décèle-t-on des éléments permettant aux enseignants de s'interroger sur le statut des connaissances qu'ils sont en charge de diffuser auprès de leurs élèves ?³ Quelles sont les postures épistémologiques qui se retrouvent dans les programmes d'enseignement des sciences de l'école et du collège ? Ces postures sont-elles explicitement assumées ou plutôt sous-jacentes et implicites ? Ces postures épistémologiques sont-elles cohérentes avec une certaine vision des sciences ou bien constituent-elles un patchwork hétéroclite de postures antagonistes ? Il s'agira de reprendre de grandes lignes de tensions épistémologiques classiques et de proposer une lecture critique des textes officiels au travers de cette grille.

Nous nous proposons de délimiter notre propos aux parties des programmes des cycles 1 à 4 (MEN 2015a et 2015b) dont les contenus relèvent des sciences de la nature, c'est-à-dire, académiquement, les sciences de la vie et de la Terre (Biologie, Géologie) ainsi que les sciences de la matière (Physique-Chimie). Traditionnellement, ces disciplines se voient attribuer la possibilité d'une certaine confrontation au réel par l'observation ou l'expérience afin d'élaborer leurs discours.

a) En ce qui concerne le cycle 1, les enseignements scientifiques se retrouvent associés au sein du domaine intitulé « *Explorer le monde* », comprenant :

- « *Découvrir le monde vivant* » ;
- « *Explorer la matière* » ;
- « *Utiliser, fabriquer, manipuler des objets* ».

Les termes utilisés pour caractériser les différents thèmes du domaine ne sont pas neutres épistémologiquement. Il s'agit ici par exemple d'explorer le monde, d'explorer la matière, c'est-à-dire de parcourir en observant, en cherchant selon Le Petit Robert⁴. Ce choix suggère aux élèves de pratiquer une démarche systématique afin de « *lever les phénomènes* », de mettre en lumière le monde. Pour le domaine des sciences du vivant, a été choisie l'expression « *Découvrir le monde du vivant* ». Il s'agirait ainsi de découvrir, de dé-voiler le monde du vivant, en soulevant le voile, la couverture qui le cacherait au scientifique.

b) Pour le cycle 2, le domaine scientifique se retrouve dans la partie qui se nomme « *Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets* ». Ces programmes du cycle 2 distinguent ensuite :

- « *Qu'est-ce que la matière ?* » ;
- « *Comment reconnaître le monde vivant ?* ».

Les entrées thématiques des programmes sont ici libellées sous forme interrogative, ce qui semble induire un désir de la part des rédacteurs d'entraîner les élèves sur des démarches de recherche. Le libellé choisi pour « la matière » semble partir d'un postulat réaliste qui permettrait à l'élève de pouvoir définir et expliquer la matière. Pour « le vivant », il s'agit plutôt de viser une méthodologie permettant de distinguer le vivant du non vivant.

³ Pour une étude plus exhaustive des relations entre enseignement des sciences et épistémologie, se reporter à Germann (2016).

⁴ Étymologiquement, le Robert Historique de la langue française rappelle que ce terme était utilisé afin de caractériser les activités de battues pour la chasse, c'est-à-dire de battre systématiquement le terrain afin de lever l'ensemble du gibier.

c) En cycle 3, les enseignements relatifs aux « *sciences et technologie* » associent :

- « *Matière, mouvement, énergie, information* » ;
- « *Le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent* » ;
- « *Matériaux et objets techniques* » ;
- « *La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement* ».

En ce qui concerne ce cycle 3, ce sont des entrées thématiques qui ont été retenues pour structurer les programmes. Certaines de ces thématiques pourraient ainsi être traitées avec un regard de biologiste, de physicien ou de technologue (par exemple la thématique « *Matière, mouvement, énergie, information* »).

d) Enfin, pour le cycle 4, se retrouvent des dénominations plus classiques et académiques en lien avec les disciplines scolaires :

- Sciences de la vie et de la Terre ;
- Physique, chimie.

2. Les postures épistémologiques des programmes

Seront à présent développées quatre lignes de tensions épistémologiques :

- Posture empiriste et posture rationaliste,
- Posture réaliste et posture instrumentaliste,
- Vision continuiste ou vision discontinuiste de l'histoire des sciences,
- Vision internaliste ou vision externaliste de la science.

Pour chacune d'elles, un paysage épistémologique sera dressé en tirant quelque peu le trait. Il s'agira de caractériser à grands traits, en quelque sorte de croquer des caricatures de ces différentes postures afin d'en délimiter les contours. Naïves ou radicales, les postures décrites sont en l'état intenable. Il s'agit pour nous de caricaturer ces postures afin d'en souligner le contraste. Nous relèverons ensuite les mentions retrouvées dans les programmes d'enseignement des sciences à l'école primaire et au collège : ces mentions sont-elles implicites ou explicites ? Sont-elles assumées ou non ? Trouve-t-on une certaine homogénéité au sein d'un cycle d'enseignement ou constituent-elles un patchwork hétéroclite ?

Notons que beaucoup de termes sur lesquels s'appuie cette étude sont polysémiques. Il en va ainsi des mots expérience, modèle, question, raison... Les textes officiels ne définissant pas les termes utilisés, nous considérons que leurs définitions relèvent du champ de l'épistémologie puisque c'est la focale que nous nous sommes proposé d'étudier. Mais nous tenons à souligner qu'il n'en est peut-être rien : les définitions des termes des programmes peuvent en effet relever avant tout du sens commun ou de la vulgarisation. Rappelons que nombre des lecteurs de ces textes officiels, pour la plupart enseignants, n'auront pas reçu de contenus épistémologiques lors de leur formation initiale.

De plus, nous pouvons nous demander si les auteurs des textes officiels avaient des intentions d'ordre épistémologique lors de leur rédaction. Si les postures émanant des termes et formulations employés ne sont pas explicitement revendiquées, les rédacteurs souhaitaient-ils favoriser une posture au détriment d'une autre de manière volontaire mais implicite ? Ou bien les conceptions de chaque auteur transparaissent-elles de manière non volontaire tout au long des programmes ?

2.1. Posture empiriste ou posture rationaliste

La question posée ici interroge les places respectives de l'expérience sensible et de la raison dans la constitution de connaissances scientifiques. Les sens sont-ils premiers dans la constitution d'une connaissance scientifique ? Ou bien est-ce la raison, les raisonnements qui vont permettre d'élaborer, de construire une représentation scientifique du monde ? Bachelard (1949), dans son *Rationalisme*, indiquait :

En résumé, pas de rationalité à vide, pas d'empirisme décousu, voilà les deux obligations scientifiques qui fondent l'étroite et précise synthèse de la théorie et de l'expérience dans la Physique contemporaine (Bachelard, 2011, p. 114).

Que recouvrent exactement ces postures empiristes et rationalistes ?

Locke (2002) affirme qu'« *il n'y a rien dans l'entendement qui n'ait d'abord été dans les sens* ». Ainsi pour lui, comme pour les empiristes naïfs, toute connaissance scientifique ne peut provenir que de l'exercice des sens, de l'expérience sensible, de l'observation. À partir d'observations minutieuses et attentives, le scientifique relèverait des régularités du monde qui lui permettraient, par un raisonnement inductif (des cas particuliers vers des éléments généraux et abstraits)⁵ de construire des théories, des lois naturelles, des concepts. Cela sous-entend que le scientifique est capable par l'exercice de ses sens d'avoir accès aux vérités ou lois générales de ce monde. Dans une posture empiriste naïve, le scientifique accorde une confiance en ses sens, car ce sont eux qui lui permettent d'avoir accès à ce monde : l'observation objective⁶ du monde lui permet de produire des cadres théoriques dont il a besoin pour décrire, expliquer et comprendre le réel. L'observation permet de recueillir des « données » : par une observation minutieuse, contemplative peut-être de ce monde, celui-ci livre ce qui se donne à voir. Ce que le monde donne à voir nous est ainsi imposé. Il ne semble pas possible de s'en soustraire. Le monde impose des faits bruts qu'il n'est pas possible de remettre en cause ou de rejeter. Le travail du scientifique est de mettre en scène ces faits bruts pour les isoler, les caractériser en tant que faits scientifiques. Le scientifique aura alors recours à des « mises en évidence » : le scientifique, en isolant et présentant ces faits, les impose comme devant être acceptés, les rend comme évidents⁷. Le scientifique est ici perçu comme un réceptacle qui se laisse remplir de faits, de données, d'imposés.

Parfois, la simple observation du réel ne permet pas de le décrire. Le scientifique va alors trouver d'autres subterfuges comme l'expérience instrumentée. Si le scientifique a recours à une telle expérience, celle-ci doit permettre au scientifique de se prononcer : l'expérience doit contraindre le réel à dire, à avouer ce qu'il cachait. Mais... Comme le soulignent Barberousse et *al.* (2000, p. 123) : « *En effet, la nature n'est pas toujours prête à se laisser docilement soumettre à la question* ».

La posture empiriste naïve repose sur une confiance forte accordée aux sens (qui ne peuvent

⁵ Nous ne relèverons pas ici les failles logiques et les faiblesses bien connues relatives à ce raisonnement inductif : l'exhaustivité n'est en fait jamais atteignable.

⁶ Le scientifique recherche en réalité plus une intersubjectivité qu'une réelle objectivité pour toujours inaccessible. Mais la posture empiriste, de par la confiance qu'elle accorde aux sens, semble permettre au scientifique un accès à l'objet dans son intimité.

⁷ Il est intéressant de souligner la grande mobilisation d'artifices complexes mis en œuvre en classe pour « mettre en évidence » certains phénomènes comme la respiration des végétaux verts à la lumière, pour prétendre les rendre évidents... Et les programmes du cycle 4 demandent par exemple aux enseignants de mettre en évidence les liens de parenté entre les êtres vivants : l'entreprise semble bien difficile à réaliser...

tromper l'observateur) et l'expérience (qui peut nécessairement permettre de se prononcer lorsque les scientifiques sont confrontés à une controverse). Ici, l'expérience contraint le réel à répondre aux questions du scientifique. En quelque sorte, soit le monde s'offre à nous par une observation attentive et scrupuleuse (le monde nous est « donné à voir », le scientifique est contraint de constater des faits), soit le scientifique soumet le réel à un interrogatoire forcé et contraint ainsi ce monde à nous répondre. L'expérience, l'observation sont premières et imposent une manière d'expliquer le monde.

Dans la conception empiriste naïve, cette confrontation avec la réalité via les résultats de l'expérimentation est conçue comme un verdict de l'expérience : à la fin, l'expérience tranche ; l'homme propose, questionne, la nature dispose, répond (Soler, 2005, p. 22).

Un enseignement qui relèverait de cet empirisme naïf aura tendance à privilégier l'observation ou l'expérimentation du réel afin de produire des vérités sur notre monde par un raisonnement inductif. L'enseignement des sciences s'est longtemps calé sur un simulacre de démarche dénommée par l'acronyme OHERIC (Cariou, 2011) : à partir d'Observations du réel, l'élève devait formuler une Hypothèse⁸ puis réaliser une Expérience permettant de relever des Résultats. Ceux-ci seront Interprétés avant de pouvoir proposer une Conclusion. L'observation est première. De cette observation découle la formulation d'une hypothèse qui semble s'imposer à nous, comme si l'observation première réalisée nous imposait une vision tubulaire du monde. L'expérience cruciale mise en œuvre permet de se prononcer de manière définitive sur le monde et permet ainsi aux élèves de proposer une seule et unique conclusion valide sur le monde⁹. Le recours à un raisonnement inductif est massivement mis en œuvre (souvent à partir d'une seule expérience, la classe en vient à proposer une vérité générale sur le monde).

Mais le scientifique peut-il découvrir ce qu'il ne connaît pas déjà ? Peut-il chercher ce qu'il ne sait déjà ? Peut-il mettre en évidence un phénomène qu'il n'a d'ores et déjà très largement caractérisé, défini, conceptualisé ? Le rationalisme prône ainsi que c'est la raison qui est première dans la constitution d'une connaissance. La raison peut être définie comme la capacité de tout être humain à produire une pensée logique qui permet de déterminer ce qui est vrai de ce qui est faux¹⁰. Mais le rationalisme s'entendra ici de manière bien plus large : c'est à partir de nos pensées, du questionnement, des idées, des représentations, de l'imagination, des concepts qu'il s'est construit de ce monde, que le scientifique va pouvoir explorer et expliquer le réel. L'expérience ici ne permet au mieux que de valider ou plutôt d'étayer les éléments qui auront été déduits de notre raisonnement. Le raisonnement mis en œuvre est un raisonnement déductif permettant d'aller de généralités (théories, concepts, etc.) à des cas particuliers.

Nous relevions plus haut l'importance des faits qui s'imposent à nous. S'il est en général admis que le fait scientifique relève d'une certaine mise en scène, d'une interprétation du réel, le fait

⁸ Il s'agit bien souvent d'une seule et unique hypothèse qui est ainsi attendue en classe, bien plus rarement plusieurs.

⁹ Notons ici que bien souvent, l'expérience mise en œuvre pourrait permettre de formuler différentes conclusions (sous-détermination de la théorie par l'expérience). Une seule sera en général retenue, celle correspondant aux cadres théoriques en vigueur. Sera ainsi éliminée sans autre forme de procès toute autre conclusion qui ne correspondrait pas au corpus de connaissances accepté, mais dont seul dispose *a priori* l'enseignant. N'oublions pas que d'autres mondes furent possibles à d'autres époques, mondes imaginés par des esprits tout aussi rationnels que les nôtres. Ces autres mondes sont aujourd'hui bien souvent rapidement balayés en classe avec beaucoup de mépris.

¹⁰ Mais il est aussi possible de soutenir, à l'image des irrationalistes, que rien ne garantit que la raison puisse permettre d'appréhender certains phénomènes.

brut quant à lui semble s'imposer à nous. Pourtant, est-il possible de longtemps soutenir qu'il existe indépendamment de notre pensée, de notre langage, de nos concepts ou cadres théoriques, des faits bruts ? Un fait brut, énoncé, ou même simplement pensé, ne relève-t-il pas déjà du construit ? L'étymologie du mot « fait » nous rappelle qu'un fait, brut ou scientifique, n'est jamais un donné, un imposé. Sans le recours au langage, à la raison, à l'imagination, quels faits pourraient bien subsister ? N'est-ce pas en fin de compte l'idée qui forge le fait, plutôt que le fait l'idée ? Ainsi, Popper (1998) écrit que

la théorie — tout au moins, une sorte de théorie rudimentaire, ou d'attente — vient toujours en premier ; qu'elle précède toujours l'observation ; et que le rôle fondamental des observations et des tests expérimentaux est de montrer que certaines de nos théories sont fausses, et de nous inciter ainsi à en produire de meilleures (Popper, 1998, p. 387).

Un enseignement à tendance rationaliste naïve sera donc amené à privilégier le raisonnement sur les expériences sensibles. Il proposera aux élèves de s'appuyer sur une argumentation solide à partir notamment de ce qu'il sait déjà, à produire un questionnement sur le monde, à avoir recours à l'imagination afin d'inventer d'autres mondes possibles, à formuler une multitude d'hypothèses, à raisonner par analogie... La théorie déjà constituée viendra orienter l'élève vers la recherche de protocoles expérimentaux ou d'observations possibles afin de la confirmer et de l'infirmer. À la marge, cet enseignement pourrait très bien se soustraire de tout contact au réel et ainsi abandonner observations du réel et expériences. Si l'enseignement a recours à l'observation, celle-ci sera active et mobilisera les concepts et cadres théoriques initiaux que l'élève a acquis.

Notons que Chaberlot indiquait déjà en 2012 la forte emprise empirique des programmes scolaires alors en vigueur (Chaberlot, 2012, pp. 69-71). Cariou (2011) relevait pour sa part les postures implicites empiristes relatives à l'enseignement de l'histoire des démarches scientifiques. Les textes officiels actuels articulent-ils le monde de l'empirie et celui de la raison ? Ou bien l'une de ces postures est-elle surreprésentée ?

Le tableau 1 se propose d'expliciter quelques grandes lignes de démarcations relevées dans les postures empiristes et rationalistes naïves qui viennent d'être décrites.

	Posture empiriste	Posture rationaliste
Ce qui est premier, ce qui nous impose un monde	Observation, expérience	Imagination, questionnement, argumentation, théorie, hypothèse
Type de raisonnement mobilisé majoritairement	Induction	Déduction
Place de l'hypothèse	Imposée par l'observation	Impose l'observation, l'expérience
Place de l'observation	Première, s'impose à nous	La théorie oriente, voire détermine l'observation
Activité de l'élève	Observation passive	Observation active
Les mots clés	Mise en évidence, fait, donnée, observation, expérience, certitude, vérifié	Idée préalable, conception initiale, construit, hypothèse, raisonnement, esprit, interprétation

Tableau 1 : Comparaison des postures empiristes et rationalistes.

Nous allons à présent nous demander quelle place les programmes d'enseignement des sciences à l'école et au collège accordent respectivement à l'observation et à la raison. L'observation est-elle présentée comme première ? Est-elle prépondérante sur la raison et la pensée ? Ou bien

considèrent-ils que le questionnement de l'élève, la formulation d'hypothèses sont prépondérants ? Nous sommes donc amenés à relever les mentions qui attestent que l'observation est première et celles qui disent le contraire dans les textes officiels (tableau 2).

Postures empiristes	Postures rationalistes	Source	Commentaires
<p>« Ce domaine a pour objectif de donner à l'élève les fondements de la culture mathématique, scientifique et technologique nécessaire à une découverte de la nature et de ses phénomènes ».</p> <p>« L'élève découvre alors, par une approche scientifique, la nature environnante ».</p> <p>« Les démarches scientifiques [...] développent chez l'élève la rigueur intellectuelle, l'habileté manuelle et l'esprit critique, l'aptitude à démontrer, à argumenter ».</p>	<p>« Il s'agit d'éveiller sa curiosité, son envie de se poser des questions, de chercher des réponses et d'inventer [...] ».</p>	Socle p. 6	<p>Dès l'introduction du domaine 4 du socle commun, nous retrouvons une ligne de démarcation entre un empirisme naïf et un rationalisme naïf. L'objectif du domaine 4 est clairement énoncé et nettement basé sur une posture empirique : il s'agit pour l'élève, par la mise en œuvre d'une approche scientifique, de découvrir la nature.</p> <p>Plus loin, le socle indique que les démarches scientifiques sont fondées sur l'observation, la manipulation et l'expérimentation. Les faits doivent être privilégiés, ainsi que les hypothèses vérifiables (la posture vérificationniste est ici assumée).</p> <p>Si la posture rationaliste est loin d'être absente de cette introduction, il semble cependant qu'une hiérarchie s'y retrouve : c'est bien la posture empirique qui prédomine ici.</p>
<p>« Fondées sur l'observation, la manipulation et l'expérimentation, utilisant notamment le langage des mathématiques pour leurs représentations, les démarches scientifiques ont notamment pour objectif d'expliquer l'Univers, d'en comprendre les évolutions, selon une approche rationnelle privilégiant les faits et hypothèses vérifiables, en distinguant ce qui est du domaine des opinions et croyances. Elles développent chez l'élève la rigueur intellectuelle, l'habileté manuelle et l'esprit critique, l'aptitude à démontrer, à argumenter ».</p>		Socle p. 6	<p>Enfin, il est indiqué que les démarches scientifiques permettent de développer des capacités d'ordre intellectuelles (esprit critique, argumentation, démonstration...) qui semblent donc bien être secondes puisqu'elles constituent des objectifs d'apprentissage.</p>
<p>« L'élève sait mener une démarche d'investigation. Pour cela, il décrit et questionne ses observations ; il prélève, organise et traite l'information utile ; il formule des hypothèses, les teste et les éprouve ; il manipule, explore plusieurs pistes, procède par essais et erreurs ; il modélise pour représenter une situation ; il analyse, argumente, mène différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique...) ».</p>		Socle p. 6	<p>Ici encore, l'observation semble première. C'est en effet, au sein d'une démarche d'investigation, le premier point qui est relevé : les observations réalisées vont être questionnées. Si nous pouvons rattacher certaines phrases à des postures rationalistes (formule des hypothèses, modélise, analyse, argumente, questionne...), ce sont bien les observations qui semblent premières puisqu'elles vont être décrites et permettre à l'élève de se questionner.</p>
<p>« Les enfants enrichissent et développent leurs aptitudes sensorielles, s'en servent pour distinguer des réalités différentes selon leurs caractéristiques olfactives, gustatives, tactiles, auditives et visuelles ».</p>		École maternelle p. 17	<p>L'emprise empirique de l'élève sur le monde qui l'entoure va se développer au cours de l'école maternelle et lui permettre de distinguer différentes réalités qu'il s'agira d'ordonner. L'expérience sensible, l'observation sont ici premières et permettent de catégoriser et d'ordonner le monde. La question de la primauté peut se poser : sont-ce les aptitudes sensorielles qui permettent à l'élève de catégoriser le monde, ou bien sont-ce les concepts de l'élève, ses cadres théoriques de référence qui lui permettront de distinguer différentes réalités ? Le parti pris des programmes se rapporte ici explicitement à la première option.</p>
<p>« Une première appréhension du concept de matière est favorisée par l'action directe sur les matériaux dès la petite section ».</p>		École maternelle p. 18	<p>L'action directe est ici préconisée pour permettre une première appréhension du concept de matière. Le monde de l'empirie semble donc premier par rapport à l'appréhension intellectuelle du monde. Il est possible de se demander si au contraire, la construction du concept de matière ne permet pas à l'élève de petite section de mieux agir sur le monde.</p>

« L'enseignant conduit les enfants à observer les différentes manifestations de la vie animale et végétale ».		École maternelle p. 17	Les manifestations de la vie auxquelles le programme se réfère (croissance, développement, reproduction, nutrition) sont des concepts complexes dont l'observation n'est pas aisée. Les programmes de l'école maternelle semblent considérer que l'observation est nécessaire et suffisante pour mettre en évidence ces manifestations. Des entités non-vivantes peuvent présenter certaines de ces manifestations (croissance, développement...). De plus, il semble difficile pour un élève de maternelle d'observer la reproduction ou la croissance d'un être vivant sans disposer au préalable de ces concepts.
« Les enfants ont besoin d'agir de nombreuses fois pour constater des régularités qui sont des manifestations des phénomènes physiques ».		École maternelle p. 18	L'action est ici encore mise en avant. Les régularités du monde vont permettre à l'élève, par un raisonnement inductif, d'énoncer des lois générales. L'expérience, l'observation sont ici encore premières et permettent de construire concepts et théories. Le monde de l'empirie impose une vision rationnelle du monde par l'élève.
« [...] l'enseignant propose des activités qui amènent les enfants à observer, formuler des interrogations plus rationnelles, construire des relations entre les phénomènes observés, prévoir des conséquences, identifier des caractéristiques susceptibles d'être catégorisées. Les enfants commencent à comprendre ce qui distingue le vivant du non-vivant ; ils manipulent, fabriquent pour se familiariser avec les objets et la matière ».		École maternelle p. 17	Cette partie des programmes présente un équilibre entre des activités relevant de l'empirisme (observation, manipulation) et d'autres orientées vers le rationalisme (formuler des interrogations, construire des relations, prévoir des conséquences)... Nous avons ici une réelle articulation entre ces deux types d'activités.
	« Apprendre à l'école, c'est interroger le monde ».	Cycle 2 p. 4	C'est sur cette phrase à connotation fortement rationaliste que sont introduits les programmes du cycle 2. Il n'est pas question ici d'observer ou d'expérimenter sur le monde, mais bel et bien de mener une activité intellectuelle. Le ton des programmes du cycle 2 semble ainsi donné.
« Au cycle 2, on ne cesse d'articuler le concret et l'abstrait . [...] Le lien entre familiarisation pratique et élaboration conceptuelle est toujours à construire et reconstruire, dans les deux sens ». [...] « Ils apprennent à justifier leurs réponses et leurs démarches en utilisant le registre de la raison , de façon spécifique aux enseignements : on ne justifie pas de la même manière le résultat d'un calcul, la compréhension d'un texte, l'appréciation d'une œuvre ou l'observation d'un phénomène naturel ».		Cycle 2 p. 5	Il semble que les rédacteurs du programme du cycle 2 aient souhaité explicitement revendiquer dans leur introduction l'articulation entre les registres empiriques et rationnels. Il est ainsi préconisé des allers-retours permanents entre monde de l'empirie et monde de la raison.
« Observer et agir sur le réel, manipuler, expérimenter, toutes ces activités mènent à la représentation, qu'elle soit analogique (dessins, images, schématisations) ou symbolique, abstraite (nombres, concepts) ».		Cycle 2 p. 5	Malgré tout, les programmes indiquent que l'observation sur le réel, la manipulation, l'expérimentation sont des activités qui permettent de mener à une représentation du monde. Nous retrouvons ici une posture empiriste pour laquelle l'observation première du réel permet d'élaborer des concepts et représentations.
« "Questionner le monde" constitue l'enseignement privilégié pour formuler des questions, émettre des suppositions, imaginer des dispositifs d'exploration et proposer des réponses. Par l'observation fine du réel dans trois domaines, le vivant, la matière et les objets, la démarche d'investigation permet d'accéder à la connaissance de quelques caractéristiques du monde vivant, à l'observation et à la description de quelques phénomènes naturels et à la compréhension des fonctions et des fonctionnements d'objets simples ».		Cycle 2 p. 9	Dans les contributions des enseignements du cycle 2 au socle, nous retrouvons cette volonté d'articuler approche empiriste et approche rationaliste puisque des références à ces deux champs sont formulées. Cependant, c'est bien l'observation fine du réel qui permet de mener à la connaissance. Il semble bien ici encore que la posture implicite empiriste émerge malgré le désir revendiqué d'articuler le domaine empirique et celui de la raison.

<p>« [...] en articulant le vécu, le questionnement, l'observation de la nature et l'expérimentation avec la construction intellectuelle de premiers modèles ou concepts simples, permettant d'interpréter et expliquer.</p> <p>La démarche, mise en valeur par la pratique de l'observation, de l'expérimentation et de la mémorisation, développe l'esprit critique et la rigueur, le raisonnement, le goût de la recherche et l'habileté manuelle, ainsi que la curiosité et la créativité. Des expériences simples (exploration, observation, manipulation, fabrication) faites par tous les élèves permettent le dialogue entre eux, l'élaboration de leur représentation du monde qui les entoure, l'acquisition de premières connaissances scientifiques et d'habiletés techniques ».</p>	Cycle 2 p. 65	<p>Nous retrouvons à nouveau ici une référence à l'articulation entre le monde de l'empirie et celui de la raison. Cette articulation entre observation/expérimentation et activité intellectuelle permet à l'élève de construire ses premiers modèles ou concepts.</p>
<p>« Par l'observation du réel, les sciences et la technologie suscitent les questionnements des élèves et la recherche de réponses ».</p>	Cycle 3 p. 96	<p>La contribution des programmes du cycle 3 au socle commun débute par une phrase explicite : c'est l'observation du réel qui permet, en sciences, de susciter des questionnements. La posture empiriste est ici fermement revendiquée.</p>
<p>« La construction de concepts scientifiques s'appuie sur une démarche, qui exige des observations, des expériences, des mesures, etc ».</p> <p>« Les élèves appréhendent les fonctions de nutrition à partir d'observations ».</p> <p>« Travailler à partir de l'observation et de démarches scientifiques variées (modélisation, expérimentation...) »</p>	Cycle 3 p. 186 p. 191 p. 195	<p>À nouveau, dans ces programmes du cycle 3, nous retrouvons à plusieurs reprises une posture empiriste qui considère que c'est par l'usage de nos sens, par l'expérience, l'observation, que le scientifique est capable de construire ses connaissances. Au-delà de cette posture empiriste, cette phrase indique explicitement que tout concept scientifique ne peut provenir que du monde de l'empirie (« exige »).</p> <p>Dans la dernière phrase, le terme « modélisation » est ici à comprendre comme « réalisation de maquettes ».</p>
<p>« L'élève part d'une situation où il est acteur qui observe [...] à celles où il n'est qu'observateur [...] ».</p>	Cycle 3 p. 188	<p>Est revendiquée ici la possibilité d'observer passivement le monde afin de le comprendre. Ce qui est ici demandé à l'élève, c'est de devenir un contemplateur du monde, ce qui lui permettra de construire ses connaissances scientifiques. Dans une posture empirique naïve, il est possible de considérer que l'observateur est passif, qu'il subit passivement ses observations afin de recueillir « des données ». Les postures rationalistes considéreront plutôt l'observateur comme actif d'un point de vue de son raisonnement, de sa pensée (Gérard de Vecchi parle ainsi d'observateur).</p>
<p>« L'abstraction et la modélisation sont bien plus présentes désormais, ce qui n'empêche pas de rechercher les chemins concrets qui permettent de les atteindre ».</p>	Cycle 4 p. 217	<p>C'est en arpentant des chemins concrets (expérimentation, observation, manipulation...) que l'élève peut parvenir à l'abstraction et à la modélisation (<i>a priori</i> à entendre ici comme synonyme de conceptualisation).</p>
<p>« Les sciences dont les mathématiques visent à décrire et expliquer des phénomènes naturels en réalisant et exploitant des mesures, en mobilisant des connaissances dans les domaines de la matière, du vivant, de l'énergie et de l'environnement, en anticipant des effets à partir de causes ou de modèles, en aidant à se repérer dans l'univers en ayant conscience des échelles et des ordres de grandeur ».</p>	Cycle 4 p. 223	<p>S'articulent ici une vision empiriste et une vision rationaliste de la science. L'objet de la science (décrire et expliquer le monde) peut être atteint par un recours articulé de nos sens avec la raison.</p>
<p>« [...] de construire, à partir des faits, des idées sur le monde qui deviennent progressivement plus abstraites et puissantes ».</p>	Cycle 4 p. 326	<p>Parmi les finalités des programmes de physique-chimie du cycle 4 est revendiquée la construction d'idées sur le monde à partir de faits qui s'imposeraient à l'élève. Le fait est ici mobilisé comme un argument d'autorité qui s'impose à l'apprenant sans qu'il ne lui soit possible de s'ouvrir sur d'autres mondes possibles. Le fait semble ainsi restreindre les possibles sans que l'élève ne puisse résister de quelque manière que ce soit.</p>

« Cette posture scientifique est faite d'attitudes (curiosité, ouverture d'esprit, remise en question de son idée, exploitation positive des erreurs...) et de capacités (observer, expérimenter, mesurer, raisonner, modéliser, ...) ».	Cycle 4 p. 326	Quelques lignes plus bas, nous trouvons les caractéristiques d'une attitude scientifique mêlant usage des sens et usage de la raison sans hiérarchie entre ces deux mondes.
--	-------------------	---

Tableau 2 : Relevé des mentions empiristes ou rationalistes des textes officiels.

Arrivés au terme de cette étude sur les postures empiristes et rationalistes présentes dans les textes officiels, que pouvons-nous retenir ? Force est de constater qu'il n'existe pas d'homogénéité au sein des textes officiels. Si les programmes du cycle 2 revendiquent une articulation entre monde de l'empirie et monde de la raison, il n'en va pas de même pour les autres textes officiels. Les rédacteurs des programmes du cycle 2 ont ainsi visiblement souhaité exprimer explicitement la nécessité pour l'élève de se référer aux deux registres (empirie-raison) afin de construire ses connaissances. Mais l'observation première, subie passivement par l'élève, est bien souvent mobilisée dans les autres textes. Le raisonnement inductif est lui aussi mobilisé : les observations éparses devraient permettre à l'élève de percevoir des régularités dans le monde qui l'entoure afin d'énoncer des lois générales. Enfin, si les programmes du cycle 2 affichent un désir d'articuler empirie et raison, de nombreux extraits du programme semblent contredire cette intention.

2.2. Posture réaliste ou posture instrumentaliste

Le sens commun accepte volontiers que le scientifique puisse avoir accès au monde¹¹ tel qu'il est. À l'opposé, il est possible de considérer que l'objectif de la science n'est pas de décrire le monde tel qu'il est, tâche restant pour toujours inaccessible, mais plus modestement de décrire des phénomènes et d'en proposer des modèles.

La posture empiriste et réaliste naïve est une posture très largement partagée au sein de la sphère des enseignants de sciences de la vie et de la Terre (Lange, 2011, p. 197). Lorsqu'on adhère à une telle posture, on considère que les théories et modèles scientifiques sont des approximations très satisfaisantes du monde qui nous entoure. Le scientifique établirait alors un discours miroir ou reflet du monde.

Le réalisme naïf pose en réalité deux postulats :

- 1) Il existe un monde indépendamment de moi qui le décrit (réalisme philosophique). Ce premier postulat permet de rejeter sans aucune forme de procès les postures de type solipsistes. Il peut cependant être remis en question par certains courants de pensée comme les relativistes les plus durs, à l'image de certains constructionnistes¹².
- 2) Le scientifique est capable de décrire dans son intimité ce monde (réalisme scientifique). Ce second postulat est en général celui qui est accepté par les réalistes naïfs. Le travail du scientifique consiste ainsi à retirer le voile (dé-voiler), à retirer la couverture (dé-couverte) qui cache le monde pour le percevoir, le décrire, l'expliquer

¹¹ Nous ne ferons pas de différence entre les termes « nature », « réel » et « réalité », qui recouvriront ici des concepts identiques.

¹² Terme que nous utiliserons ici afin de ne pas interférer avec le terme « constructiviste » rencontré dans son volet psychologique (constructivisme piagétien utilisé en didactique des sciences par exemple) et qui pose que chaque apprenant se construit ses propres représentations du monde, ses propres connaissances. Nous ne parlons pas ici non plus d'un constructivisme épistémique qui postule que la communauté scientifique construit, par l'établissement d'un consensus scientifique et une recherche systématique de l'erreur, les connaissances reconnues comme valides à une certaine époque. Nous parlons ici d'une version relativiste forte qui considère que les scientifiques construisent le monde (constructivisme que nous pourrions qualifier de « holistique »).

dans sa plus grande intimité. Le bon scientifique est alors celui qui trouve. Cette posture réaliste naïve incite le scientifique à rechercher « La Bonne Théorie », celle qui décrit correctement le monde. Dans le cadre d'un réalisme naïf, force est d'accepter une totale unicité de la science. Si la théorie scientifique dit comment est le monde, il devient impossible de considérer que deux théories puissent être également pertinentes, également vraies pour parler du monde. Pour un réaliste naïf confronté à deux théories visant à décrire les mêmes faits, l'une est nécessairement vraie, l'autre nécessairement fautive.

Certains philosophes revendiquent leur adhésion à un certain réalisme, à l'image de Bouveresse (1998) :

Comme beaucoup de réalistes, j'ai tendance à penser que la réalité, la réalité physique en tout cas, ne nous a pas attendus pour exister et que, même si nous n'existions pas, elle aurait encore exactement les propriétés qu'elle a. Je crois aussi que ce sont bien ces propriétés que la science réussit, au moins jusqu'à un certain point, à connaître. Je défends donc des positions assez traditionnelles, dont j'admets volontiers qu'on les considère généralement aujourd'hui comme tout à fait désuètes. Je prends le risque d'apparaître comme un réaliste qu'on pourrait qualifier de « naïf » (Bouveresse, 1998, p. 46).

Malgré tout, la relativité introduite par l'expression « au moins jusqu'à un certain point » fait de Bouveresse un réaliste que nous pourrions qualifier de modeste. De même, Popper (1998) indique :

« [...] il y a d'excellentes raisons pour dire que ce que nous tentons de faire dans les sciences, c'est de décrire et (autant que possible) d'expliquer la réalité. Nous le faisons à l'aide de théories conjecturales ; c'est-à-dire de théories dont nous espérons qu'elles sont vraies (ou proches de la vérité), mais dont il ne nous est pas possible d'établir qu'elles sont certaines, ni même probables [...] » (Popper, 1998, p. 94).

Popper ira même jusqu'à ajouter un peu plus loin, non sans humour : « *Nier le réalisme, c'est ni plus ni moins de la mégalomanie (la maladie professionnelle la plus répandue chez les philosophes de métier) » (Popper, 1998 p. 95).*

D'Espagnat (1985) distingue quant à lui un réel en soi (qu'il appelle une réalité indépendante) et une réalité empirique. Selon lui,

Il y a deux réels... Ou, plus exactement (mais c'est aussi plus long à dire) la physique actuelle nous invite à bien séparer deux notions désignées jadis l'une et l'autre par le mot de "réalité". L'une est celle de réalité indépendante. Par définition même, la notion en question couvre l'ensemble de ce qui est (si Dieu existe, ou si le monde existe en soi, ils sont réels en ce sens-là). Cette réalité — la présente physique nous l'indique — est lointaine, voire même voilée. L'autre notion est celle de réalité empirique, ou ensemble des phénomènes : l'homme l'approche toujours mieux » (D'Espagnat, 1985).

Cette posture, bien que relevant d'un réalisme, ne correspond pas à un réalisme naïf, mais plutôt à un réalisme que l'on pourrait qualifier de modeste. Notre parti pris de ne présenter que des postures naïves exclut donc ce type de considérations, bien que tout à fait intéressantes. Pour un réaliste naïf, le réel en soi (ou réalité indépendante) et le réel empirique sont identiques. Relevons aussi le réalisme structurel de Poincaré (1968) chez lequel les choses en soi ne sont pas connaissables par le scientifique qui n'a accès qu'aux relations entre les objets de ce monde :

Nous la [la science] voyons chaque jour agir sous nos yeux. Cela ne pourrait être si elle ne nous faisait connaître quelque chose de la réalité; mais ce qu'elle peut atteindre, ce ne sont pas les choses elles-mêmes, comme le pensent les dogmatistes naïfs, ce sont seulement les rapports entre

les choses ; en dehors de ces rapports, il n'y a pas de réalité connaissable (Poincaré, 1968, p. 25).

Un enseignement relevant d'un réalisme naïf aura tendance à confondre théorie et réalité. L'observation du réel et l'expérimentation permettent de décrire le monde tel qu'il est. Les objets décrits par la science (atomes, organisme, réactions chimiques, etc.) existent réellement. L'histoire des sciences sera perçue comme une succession d'erreurs que le scientifique, à force de travail instrumenté, aura su corriger. Les conceptions et modèles anciens sont présentés comme aberrants ou dénués de tout intérêt.

Pour un instrumentaliste, le scientifique établit un discours outil (postures instrumentalistes strictes) ou bien encore un discours utile (postures pragmatiques). L'objectif de la science est de produire des modèles, des théories, qui permettront de réaliser des prédictions fructueuses.

De même, le postulat du réalisme n'est pas considéré comme faux mais comme dépourvu de sens, puisque nul ne peut constater cette réalité supposée exister indépendamment de toute observation (Jarrosson, 1992, p. 129).

Les instrumentalistes naïfs sont des antiréalistes qui ne nient pas l'existence d'un monde extérieur au scientifique, mais rejettent toute possibilité de poser un discours sur celui-ci qui soit d'une manière ou d'une autre le reflet de ce monde. Le monde ne peut être décrit dans son intimité. Un instrumentaliste aura ainsi beaucoup de difficultés pour accepter de parler du réel, notion qu'il trouve bien souvent encombrante. Si la théorie ou le modèle ne dit rien du monde tel qu'il est, il devient tout à fait possible d'accepter que différentes théories, différents modèles, puissent être mobilisés en même temps. Aucun modèle n'est alors plus vrai qu'un autre. Si plusieurs modèles ou théories peuvent coexister, force est d'admettre que le réel ne contraint pas entièrement la théorie, autrement dit que différentes théories peuvent être compatibles avec le réel empirique. Tout comme le réalisme naïf, l'instrumentalisme n'est pas sans poser un certain nombre de questions. Chalmers (1982) souligne ainsi que

Le fait que les théories peuvent conduire à des prédictions nouvelles est embarrassant pour les instrumentalistes. Le fait que les théories, supposées réduites à de simples dispositifs calculatoires, puissent mener à la découverte de nouvelles sortes de phénomènes observables au moyen de concepts qui sont des fictions théoriques doit en effet leur apparaître comme un étrange accident (Chalmers, 1982, pp. 237-238).

Un enseignement s'appuyant sur un instrumentalisme naïf aura tendance à privilégier l'usage de différents modèles au sujet d'une même thématique. Le réel est pour lui une notion bien encombrante dont il est inutile de parler.

Pour terminer, Sokal (2005) indique que

Schématiquement, le réalisme soutient que l'objectif de la science est de comprendre le monde tel qu'il est réellement, tandis que l'instrumentalisme affirme que cet objectif est inaccessible et que la science devrait se contenter d'être empiriquement adéquate (Sokal, 2005, pp. 166-167).

Le tableau 3 présente quelques grandes lignes de démarcation entre les postures réalistes et instrumentalistes naïves.

	Posture réaliste naïve	Posture instrumentaliste naïve
Substrat des recherches scientifiques	Le réel en soi, la réalité indépendante	Le réel empirique ou les modèles eux-mêmes
Type de vérité mobilisée	Vérité correspondance, vérité miroir du réel	Vérité outil, vérité utilité
Statut des théories	Le réel contraint la théorie de manière nécessaire	Le réel « tolère » différentes théories
Statut des modèles	Modèles reflets du réel	Modèles outils

Coexistence de différentes théories	Unicité de la science : une seule théorie acceptée	Diversité de la science : plusieurs théories peuvent co-exister
Histoire des sciences	Une suite d'erreurs grossières à présent corrigées	Une histoire contingente durant laquelle différents modèles se sont succédé et continuent à être mobilisés selon leur utilité, le contexte...

Tableau 3 : Comparaison des postures réalistes et instrumentalistes naïves.

Le tableau 4 présente les références des programmes attribuables à une posture réaliste ou instrumentaliste.

Postures réalistes	Postures instrumentalistes	Source	Commentaire
« [...] Donner à l'élève les fondements de la culture mathématique, scientifique et technologique nécessaire à une découverte¹³ de la nature et de ses phénomènes ». [...] « L'élève découvre alors, par une approche scientifique, la nature environnante ».		Socle p. 6	Dès son introduction, le Socle Commun revendique la posture réaliste : la science vise à découvrir le monde, la nature.
« [...] les démarches scientifiques ont notamment pour objectif d'expliquer l'Univers, d'en comprendre les évolutions [...] ».		Socle p. 6	Par un recours aux démarches scientifiques, l'enseignement des sciences permet aux élèves d'expliquer le monde. Ces démarches doivent ainsi permettre à l'élève d'avoir accès aux causes des phénomènes et de le montrer ainsi tel qu'il est en soi.
L'élève mobilise ses connaissances sur « les grandes découvertes scientifiques et techniques, [...] les représentations par lesquelles les femmes et les hommes tentent de comprendre [...] le monde dans lequel ils vivent ».		Socle p. 7	Dans la partie relative aux représentations du monde et à l'activité humaine, il est à nouveau fait mention des découvertes scientifiques. Notons cependant que la réussite de cette activité humaine est ici relativisée puisqu'il n'est pas ici question pour les êtres humains de comprendre le monde, mais plutôt de tenter de le comprendre. Il semble donc ici que ce soit un réalisme modeste qui soit revendiqué.
« Pour les aider à découvrir , organiser et comprendre le monde qui les entoure [...] ». « Découvrir le monde vivant [...] Ils découvrent le cycle que constituent la naissance, la croissance, la reproduction, le vieillissement, la mort [...] » ¹⁴ .		École maternelle p. 17-18	Il est demandé aux élèves de découvrir le réel, de retirer la couverture qui le voile, ce qui dénote ici encore une posture clairement réaliste de l'enseignement des sciences.
Les élèves « émettent des hypothèses et comprennent qu'ils peuvent les mettre à l'épreuve, qualitativement et quantitativement ».		Cycle 3 p. 183, 184, 186	Le scientifique propose, questionne la nature. Le réel est ici présenté comme arbitre : c'est lui qui tranche, qui valide ou invalide l'hypothèse de manière définitive. La posture réaliste est ici décelable au travers du statut attribué à l'hypothèse qui semble pouvoir être mise à

¹³ Dans l'ensemble de cette analyse, nous considérons comme relevant d'une posture réaliste le recours au terme « découvrir » et à sa famille. En effet, découvrir signifie soit enlever ce qui couvre (retirer la couverture qui cache le réel tel qu'il est), soit arriver à ou faire connaître ce qui est caché (c'est-à-dire ce qui préexiste indépendamment des idées portées sur le monde). Dans les deux cas, l'option réaliste est sous-jacente.

¹⁴ À noter : ce que l'élève doit ici découvrir est indécouvrable : le cycle présenté par les programmes n'en est pas un puisqu'il se termine par la mort d'un individu. C'est donc ici un concept relatif à l'histoire linéaire et finie d'un être vivant qui est ici décrite, et non le cycle abstrait et indéfini d'une espèce.

« Proposer des expériences simples pour tester une hypothèse ». « la formulation d'hypothèses et leur mise à l'épreuve par des expériences, des essais ou des observations ». « Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question scientifique. Concevoir une expérience pour la ou les tester ».		Cycle 4 Physique-Chimie et SVT p. 328 et 341	l'épreuve indépendamment de tout cadre théorique. Les problèmes liés au raisonnement inductif, l'holisme et la sous-détermination de la théorie par l'expérience ne sont pas ici pris en compte ¹⁵ . Les programmes semblent considérer de manière récurrente qu'une hypothèse isolée peut définitivement être tranchée (validée ou rejetée) par l'expérimentateur.
	« La construction des concepts scientifiques s'appuie sur [...] la construction progressive de modèles simples, permettant d'interpréter [ces ex-périences] »	Cycle 3 p. 183	Le pluriel est ici à relever : ce qui est ici demandé à l'élève, c'est de construire DES modèles. Cela semble suggérer que pour interpréter une expérience donnée, il est possible de mobiliser différents modèles.
« Les sciences expérimentales et d'observation, dont font partie la physique et la chimie, explorent la nature pour en découvrir et expliciter les lois ».		Cycle 4 Physique-Chimie p. 326	Les programmes de Physique-Chimie du cycle 4 débutent sur cette revendication explicitement réaliste : ces sciences expérimentales et d'observation permettent non seulement de découvrir les lois régissant le monde, mais de manière bien plus ambitieuse de les expliciter.
	« Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences ».	Cycle 4 Physique-Chimie p. 328	Il faut attendre la fin de la scolarité obligatoire, en cycle 4, pour trouver explicitement une mention à l'usage de modèles variés. Ces modèles sont malgré tout mobilisés ici afin d'expliquer le réel. Le programme de physique-chimie propose même un modèle « faux » puisqu'il considère les trajectoires des planètes comme circulaires, et la vitesse constante (contradiction avec les lois de Kepler). Cette proposition de modèle est présentée comme simple et provisoire. Il sera certainement amené à être remplacé par un modèle plus complexe.
	« Utiliser des animations des trajectoires des planètes, qu'on peut considérer dans un premier modèle simplifié comme circulaires et parcourues à vitesse constante ».	Cycle 4 Physique-Chimie p. 333	Ici encore, les prescripteurs demandent aux élèves de mobiliser différents modèles afin de décrire microscopiquement la matière.
	« Le cycle 4 permet d'approfondir, de consolider ces notions en abordant les premiers modèles de description microscopique de la matière et de ses transformations, et d'acquérir et d'utiliser le vocabulaire scientifique correspondant ».	Cycle 4 Physique-Chimie p. 332	

Tableau 4 : Relevé des mentions réalistes ou instrumentalistes des textes officiels.

L'ensemble des programmes de la scolarité obligatoire (cycles 2, 3 et 4) renferme 178 occurrences de termes relatifs à la famille du mot « découverte ». C'est dire l'ampleur des postures réalistes développées dans les textes officiels. Leur libellé semble marteler qu'il est possible de connaître le monde tel qu'il est. La science est alors perçue comme source d'un progrès vers la vérité-reflet du réel, la vérité-miroir. La posture épistémologique instrumentaliste qui s'appuie sur la construction de modèles, sur l'invention de concepts, n'est que très peu représentée dans les textes officiels. Le recours à des modèles variés pour appréhender un phénomène n'est ainsi préconisé qu'en toute fin de scolarité obligatoire, et dans un seul domaine disciplinaire (physique-chimie). Ce constat semble aller dans le sens d'un choix consistant à privilégier dans les petites classes des postures réalistes, pour ensuite revendiquer des postures plus instrumentalistes en cycle 4. De plus, il semblerait ainsi se dessiner ici une certaine régionalisation des postures épistémologiques : les programmes de physique-chimie affirmant l'importance du recours aux modèles, alors que les programmes de SVT n'en font pas mention. Cependant, si les termes relatifs à la racine « modèle » sont présents 28 fois dans les programmes

¹⁵ Si ces difficultés épistémologiques sont difficilement abordables avec de jeunes élèves, il n'empêche qu'elles pourraient être intégrées et assimilées dans un texte qui se destine à des professionnels de l'éducation.

de sciences des cycles 2, 3 et 4, la plupart des occurrences mobilisent ce terme au singulier (par exemple utilisation DU modèle du rayon lumineux).

2.3. Histoire des sciences

Delmas-Rigoutsos (2009) souligne l'importance d'enseigner l'histoire des sciences :

Au niveau européen, une des voies pédagogiques pour valoriser la science, pour intéresser plus les élèves et donc les motiver davantage à apprendre, est ce que le jargon nomme l'approche contextuelle des sciences. Il s'agit, autant que possible, de ne pas présenter les résultats scientifiques comme figés et désincarnés, mais de les replacer dans leur contexte humain et social, c'est-à-dire dans leur histoire ou dans les questions actuelles de notre société. Cette approche est officiellement préconisée dans la quasi-totalité des pays de l'Union européenne pour l'aspect sociétal et dans la majorité pour l'aspect historique. Ceci concerne également l'enseignement primaire dans près de la moitié des pays (Delmas-Rigoutsos, 2009, p. 131).

De Hosson et Schneeberger (2011), quant à elles relèvent qu'une « *présentation historique des concepts et des lois scientifiques pourrait contribuer à améliorer l'image que les élèves ont de la science* ». Mais elles indiquent alors que si des visions peuvent conformes de l'histoire des sciences sont véhiculées, le « *risque est alors grand de voir entrer par la porte de la classe une science pervertie à la fois dans sa nature et dans son histoire* ». Les programmes de SVT du cycle 4 (p. 342) préconisent d'« *identifier par l'histoire des sciences et des techniques comment se construit un savoir scientifique* ». Mais de quelle histoire des sciences parlons-nous ? Nous pourrions évoquer bien des aspects relatifs à l'appui sur l'histoire pour l'enseignement des sciences. Maurines et Beaufile (2011) montraient que les références à l'histoire des sciences dans les textes officiels pouvaient être « *un moyen permettant de travailler l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique* ». Nous relevons (bien que ce volet ne soit pas ici développé) que la formulation de ces références à l'histoire des sciences véhicule une certaine vision de la nature des sciences : nous décelons ici encore à travers les mentions des programmes à l'histoire des sciences au moins des postures très réalistes : les découvertes scientifiques sont ainsi exaltées. Blay (2017) montre ainsi que l'histoire des sciences est un concept qui se construit à chaque époque en s'appuyant sur une certaine vision du monde et un bain socioculturel particulier dont elle ne peut se déprendre. Notons enfin que Savaton (2011) soulignait déjà que l'histoire des sciences « *a toujours été pensée comme au service d'un discours sur la science et sur son apprentissage, conduisant automatiquement à ne retenir de l'histoire des idées que quelques aspects choisis pour soutenir une théorie* ».

Deux aspects de l'histoire des sciences seront ici étudiés : tout d'abord, le développement de la science est-il décrit comme continu et cumulatif ou bien comme animé par de grands bouleversements ? Nous évoquerons ensuite une certaine vision historique qui présente le scientifique comme un grand génie perçant les secrets du monde.

Nous développons à présent ici l'antagonisme opposant une vision continuiste de l'histoire des sciences à une vision discontinuiste.

L'histoire des sciences peut tout d'abord être perçue comme une conquête inéluctable de l'Homme sur l'ignorance, du savant sur le monde. L'histoire des sciences y est perçue comme une suite de découvertes permettant un progrès continu des hommes de sciences sur le monde. La constitution des savoirs scientifiques est alors cumulative : on ajoute aux savoirs anciens de nouvelles connaissances. Les anciennes théories aujourd'hui abandonnées (théorie du phlogistique, théorie des ponts continentaux) sont ici présentées comme parfois utiles mais aussi comme de grossières erreurs que les Hommes du passé n'ont pas su dépasser. Nous décrivons ici

une vision qualifiée de continuiste de l'histoire des sciences. Astolfi et Develay (1989) soulignent ainsi que

dans le même temps, la science — excepté parfois dans les programmes de philosophie — est souvent présentée à travers ses résultats actuels. Si la science est envisagée au niveau de sa construction, alors elle est montrée comme une accumulation de contributions personnelles, allant toutes dans le même sens d'une clarification d'un réel préexistant qu'un manque de méthode ou de techniques nous empêcherait de découvrir (Astolfi & Develay, 1989, p. 24).

L'histoire des sciences semble ici linéaire, cumulative et présentant une finalité : la science d'hier avait pour but la science d'aujourd'hui. La science d'aujourd'hui est nécessaire (ne pouvait pas ne pas être).

Mais, depuis les travaux de Koyré, de Kuhn, puis de tant d'autres historiens des sciences, il est possible de se demander si l'histoire des sciences correspond vraiment à cette course au progrès continu et inéluctable. La vision discontinuiste requiert de ne pas oublier qu'en histoire des sciences aussi, l'histoire est écrite par les « vainqueurs », par les scientifiques qui auront su imposer leur vision du monde. Ici, l'histoire des sciences est perçue comme soumise à de graves révolutions venant renouveler entièrement la manière de décrire et d'expliquer le monde. C'est ce que Kuhn a appelé les révolutions scientifiques. Ces révolutions permettent de passer, plus ou moins abruptement, d'un paradigme jusqu'ici accepté à un nouveau qui s'impose, ou plutôt que certains scientifiques parviennent à imposer. La micro-histoire et l'étude fine de des controverses scientifiques prennent dans ce contexte une grande importance : quels acteurs ont été mobilisés ? Comment a pu se clore une controverse scientifique ? Comment la thèse a pu fédérer une majorité de scientifiques ? ...

Retenons quelques grandes lignes de démarcation relevées dans ces deux postures (tableau 5).

	Posture continuiste	Posture discontinuiste
Relation entre le scientifique et les objets qu'il produit.	Le scientifique découvre les théories, les lois cachées.	Le scientifique invente et parvient à imposer les théories, les lois.
Genèse des connaissances scientifiques.	Accumulation progressive des connaissances.	De grandes ruptures, révolutions, viennent renouveler notre vision du monde.
Place des anciennes théories.	Les anciennes théories, fausses, correspondent à de grossières erreurs rectifiées par le génie de la science.	Les anciennes théories étaient tout aussi rationnelles et utiles que les théories actuellement reconnues.

Tableau 5 : Comparaison des postures continuistes et discontinuistes naïves.

Le socle commun fait deux mentions à l'histoire des sciences présentée comme une suite de grandes ruptures, de grandes révolutions qui viennent renouveler la manière de percevoir le monde :

- « *En s'initiant à ces démarches, concepts et outils, l'élève se familiarise avec les évolutions de la science et de la technologie ainsi que leur histoire, qui modifient en permanence nos visions et nos usages de la planète* » (Socle, p. 6). Il est ici revendiqué que l'histoire des sciences modifie nos visions du monde. Le pluriel de « *nos visions* » semble soit indiquer que plusieurs visions du monde se sont succédé (différentes visions diachroniques), soit que plusieurs visions peuvent coexister (différentes visions synchroniques). Cela implique dans un cas comme dans l'autre la possibilité d'un renouvellement important de ces visions du monde.
- « *[...] les grandes découvertes scientifiques et techniques et les évolutions qu'elles ont engendrées, tant dans les modes de vie que dans les représentations* » (Socle, p. 8) : les

grandes découvertes (qui semblent être localisées historiquement) permettent des évolutions dans les représentations du monde.

Quelques références sont faites dans les programmes du cycle 4 :

- Les programmes de SVT indiquent que le thème abordé (géologie, p. 343 ; reproduction et évolution, p. 346 ; vaccination et antibiotiques, p. 348) « se prête à l'histoire des sciences, lorsque l'élève situe dans son contexte historique et technique, l'évolution des idées ».
- Dans les programmes de physique-chimie du cycle 4, nous retrouvons page 329 une mention à l'histoire des sciences : « Expliquer, par l'histoire des sciences et des techniques, comment les sciences évoluent et influencent la société ».

Il est possible d'entendre ces phrases de deux manières différentes :

- 1) l'évolution des idées peut être graduelle et continue, avec une accumulation progressive et la mobilisation d'acteurs variés. Cette évolution lente va diffuser dans la société et modifier petit à petit la manière de percevoir et de décrire le monde ;
- 2) l'évolution des idées peut être brutale et révolutionnaire. Le monde change de paradigme. La société bascule dans un nouveau monde.

Ce type de formulation se traduira certainement en classe en un enseignement présentant une vision plutôt continuiste ou discontinuiste de l'histoire des sciences selon la perception plus ou moins intuitive qu'en aura l'enseignant.

Il est à noter que ces références à l'histoire des sciences ne se retrouvent que dans les croisements entre enseignements. Elles sont donc facultatives et semblent ainsi ne pas appartenir au champ exclusif de l'enseignement scientifique.

Le recours à l'histoire des sciences se caractérise souvent par la célébration de grands génies de la science. Ces quelques grands scientifiques qui ont su voir, décrire, expliquer, ce que tant d'autres avaient ignoré jusqu'alors. Ces grands Hommes sont alors associés à une grande découverte selon l'équation « Un grand homme = une grande découverte ». Fleming et la découverte des antibiotiques, Wegener et la dérive des continents, ou encore Kepler et les lois régissant les mouvements des planètes... Comme le rappelle Soler (2013),

[...] demander « quand » et « qui » sous-entend qu'il est possible de répondre par une date et un nom. Le « qui » présuppose ainsi que les grandes avancées scientifiques sont l'œuvre de découvreurs uniques bien identifiables. Le « quand » évoque l'instantanéité de la découverte, à l'image du fameux eureka d'Archimède. Or on peut trouver, dans l'histoire des sciences, bien des exemples montrant qu'il en va rarement ainsi (Soler, 2013, p. 86).

Mais le génie de la science découvre-t-il le réel (posture réaliste), se contente-t-il de le modéliser (posture instrumentaliste), voire le construit-il et l'impose-t-il à ses congénères (posture constructionniste) ? Ce savant, ce génie, souvent présenté comme isolé, l'est-il réellement ? Que dire des acteurs secondaires, des prédécesseurs qui lui auront permis de publier ses thèses ?

Deux allusions se retrouvent dans les programmes de cycle 4 :

- 1) Pour les SVT (p. 351) :

En lien avec l'histoire, la physique-chimie, les mathématiques. Théories scientifiques et changement de vision du monde, Wegener et la dérive des continents ; Darwin et l'évolution ; la reproduction.

Sont ici associés un scientifique et un paradigme scientifique¹⁶.

2) Pour la physique-chimie (p. 338) :

Histoire des représentations de l'Univers : les savants de l'école d'Alexandrie (Ératosthène et la mesure de la circonférence de la Terre, Hipparque et la théorie des mouvements de la Lune et du Soleil, Ptolémée et le géocentrisme, Aristote et la rotondité de la Terre...), les instruments de mesure (astrolabe, sphère armillaire...).

Sont ici associés un scientifique et une théorie ou une observation avec une diversité des exemples qui semblent nous dispenser d'une vision linéaire et progressiste des sciences.

2.4. Sciences et société

La science évolue-t-elle sous sa seule et propre influence ou dépend-elle entièrement du contexte social dans lequel elle se développe ? Nous allons développer ici les postures qualifiées d'internalistes et d'externalistes. Comme pour les autres lignes de tension évoquées (empirisme-rationalisme, réalisme-internalisme, continuisme-discontinuisme), il s'agira à nouveau de radicaliser les postures, de tirer le trait afin de voir jusqu'où nous mènent chacune de ces postures, même si aujourd'hui, il semble bien que les postures internalistes et externalistes radicales soient difficilement tenables (Maurines et *al.*, 2013).

La thèse internaliste radicale considère que le scientifique, isolé de tout contexte social dès lors qu'il entre dans son laboratoire, est capable, en appliquant une méthode, LA méthode scientifique, et en s'appuyant sur le corpus de savoirs déjà constitués par sa communauté, de produire de nouvelles connaissances sur le monde qui l'entoure. La science est alors perçue comme se construisant sous sa propre impulsion et indépendamment du milieu social et du contexte économique ou historique dans laquelle elle est produite. La confrontation rigoureuse au réel explique comment une controverse scientifique se clôt : c'est, par exemple, le recours à une expérience cruciale rigoureuse qui permet au scientifique, en forçant le réel à répondre à sa question, de clore une controverse et de retenir la bonne théorie.

À l'opposé, nous pouvons caractériser une posture externaliste radicale pour laquelle les connaissances scientifiques ne sont que constructions sociales : le scientifique subit l'influence du monde social, influence qui va jusqu'à déterminer et construire les propres objets scientifiques. Kuhn (2008), par exemple, revendique des postures externalistes modestes :

L'observation et l'expérience peuvent et doivent réduire impitoyablement l'éventail des croyances scientifiques admissibles, autrement il n'y aurait pas de science. Mais à elles seules, elles ne peuvent pas déterminer un ensemble particulier de ces croyances. Un élément apparemment arbitraire, résultant de hasards personnels et historiques, est toujours l'un des éléments formatifs des croyances adoptées par un groupe scientifique à un moment donné (Kuhn, 2008, p. 21).

Une certaine sociologie des sciences soutient en revanche des postures externalistes radicales¹⁷.

¹⁶ Il est à noter que lorsque Wegener émet sa théorie de la dérive des continents en 1915, aucun changement de vision du monde n'est fondamentalement opéré. Il faudra attendre les années 1968-1969 pour que cette théorie très largement remaniée soit diffusée et acceptée dans les milieux scientifiques.

¹⁷ Plus abruptement, Latour pose comme troisième règle de sa sociologie des sciences le principe suivant : « Comme le règlement d'une controverse est la cause d'une représentation stable de la nature, et non sa conséquence, nous ne pouvons jamais utiliser la conséquence, l'état de la nature, pour expliquer comment et pourquoi une controverse a été close » (Latour, 1989, p. 627). Cette règle, peu explicite, montre cependant clairement que Latour ne fait aucune différence entre la représentation de la nature et la nature, expressions qu'il utilise l'une pour l'autre. S'il est vrai qu'une représentation stable de la nature est une conséquence du règlement d'une controverse scientifique, il n'est pas possible en logique de conclure que l'état de la nature ne peut être mobilisé pour expliquer pourquoi cette controverse a été close sauf à considérer, comme le fait Latour, que l'état de la nature résulte de

Moatti (2013) indique :

En voulant montrer que la science est un jeu de forces et de pouvoirs, voire même n'est que cela, ce courant de déconstruction, peut-être utile, fait l'impasse sur la construction de la connaissance scientifique. Il ouvre la voie à la vision d'une science qui ne serait qu'au service de l'État, quel qu'il soit, ou du grand capital, ou de la religion, ou de tout autre intérêt. Il instille dans les esprits la vision d'une science comme simple croyance, au même titre que les autres (Moatti, 2013, pp. 305-306).

Soler (2009) résume ainsi ces postures internalistes et externalistes radicales :

- Du point de vue des internalistes, les théories scientifiques résultent d'un face à face entre l'homme et la nature [...].

- Du point de vue des externalistes radicaux, [...] les théories scientifiques sont le pur produit d'intérêts sociaux et économiques, d'exigences techniques et d'idéologies religieuses ou politiques (Soler, 2009, p. 193).

Retenons quelques éléments antagonistes de ces deux postures (tableau 6).

	Posture internaliste radicale	Posture externaliste radicale
La science et le monde social.	La science est isolée du monde social.	a science ne peut se dépendre du monde social pour produire des connaissances.
Relativisme.	Nul à faible.	Faible à Fort.
Clôture des controverses scientifiques.	Exclusivement par une confrontation au réel.	Exclusivement par une influence du contexte social, historique, économique.
Production de la science.	La science comme institution élaborant de la connaissance.	La science comme construction sociale voire le réel comme construction sociale.

Tableau 6 : Comparaison des postures internalistes et externalistes radicales.

Deux rares mentions relèvent d'une posture externaliste de la science :

- « *L'enseignement [des sciences] contribue également à développer des repères spatiaux et temporels en [...] situant des évolutions scientifiques et techniques dans un contexte historique, géographique, économique ou culturel* » (Cycle 3, p. 97) : la référence est ici peu explicite. Si les évolutions scientifiques sont en partie dépendantes de contextes sociétaux, économiques, culturels, cela sous-entend que l'évolution scientifique est au moins en partie dépendante de ces contextes.
- « *C'est ainsi qu'ils sont davantage confrontés à la dimension historique des savoirs* » (Cycle 4, p. 217) : il n'est pas ici fait référence à des savoirs historiquement situés mais bien au fait que les savoirs possèdent une dimension historique.

En revanche, nous trouvons 42 occurrences du terme « démarche » dans les programmes d'enseignement des sciences des cycles 2, 3 et 4. À de nombreuses reprises, il est demandé à l'élève de mettre en œuvre une démarche scientifique¹⁸, une démarche expérimentale ou une

l'activité des scientifiques. Pour une critique plus poussée du relativisme latourien, voir Boghossian (2009), Bouveresse (1999, pp. 91-108), Krivine (2011, pp. IX-XXII), Germann (2016, pp. 90-105), Dubessy et Lecointre (2003, p. 55), Goldman (1999, pp. 12-16).

¹⁸ Le sens commun tend parfois à assimiler la démarche scientifique à une méthode, à un algorithme devant être appliqués afin d'accéder à la connaissance. Il s'agit ainsi pour certains de partir d'une observation, puis de s'interroger sur le réel, de formuler une (ou parfois des) hypothèse(s), de proposer une expérience permettant de se prononcer pour enfin conclure. Or la démarche est une manière d'être, une manière d'agir. La démarche scientifique est ainsi plutôt assimilable à une posture scientifique plutôt qu'à une méthode scientifique. Les textes officiels ne définissent pas explicitement ce qu'ils entendent par démarche.

démarche d'investigation pour produire de la connaissance. Le terme est souvent au singulier. L'application de cette démarche (jamais explicitée dans les textes officiels) semble nécessaire et suffisante afin de produire de la connaissance.

Des mentions explicites se retrouvent aussi :

- « *Les sciences expérimentales et d'observation, dont font partie la physique et la chimie, explorent la nature pour en découvrir et expliciter les lois* » (Cycle 4 - Physique-Chimie, p. 326).
- « *L'élève découvre alors, par une approche scientifique, la nature environnante* » (Socle, p. 6).

Il semble ainsi que les textes officiels propulsent l'élève aussi bien que l'enseignant dans une vision internaliste de la science : celle-ci progresse sous sa propre et exclusive impulsion par la seule mise en œuvre d'une méthode.

3. Discussions

3.1. Quelles sont les postures épistémologiques qui se retrouvent dans les programmes d'enseignement de l'école et du collège ?

Certains courants épistémologiques sont dominants dans les programmes d'enseignement des sciences : ainsi, l'empirisme, le réalisme naïf, une vision internaliste de la science et continuiste de l'histoire des sciences sont très représentées dans les textes officiels de l'Éducation nationale. Ces postures semblent de fait constituer une épistémologie scolaire relevant du sens commun.

Le schéma 1 représente la position des différentes postures étudiées sur des axes dipolaires.

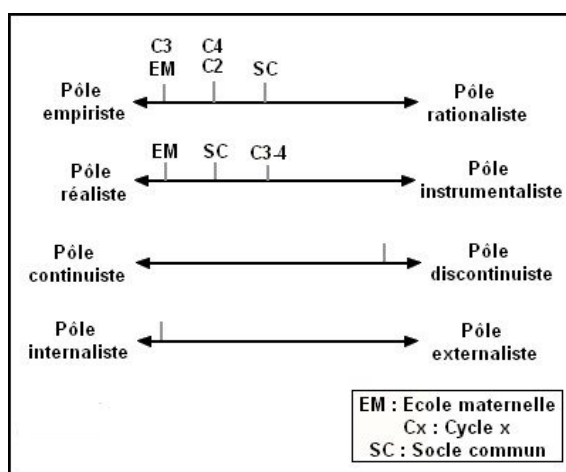


Schéma 1 : Repérage de différentes postures épistémologiques dans les textes officiels.

Pour chacun des dipôles concernés, nous avons produit une évaluation relative du poids de chacune des postures dans les textes officiels. Chaque axe reste ouvert dans les deux sens. De plus, les évaluations étant qualitatives, il n'a pas été question de renseigner de quelconques unités sur chacun de ces axes. Il est ainsi possible de considérer par exemple que les programmes du cycle 3 et de l'École maternelle sont plutôt très empiristes quand le socle commun est, sur cet axe, relativement neutre et équilibré.

En ce qui concerne le dipôle empirisme-rationalisme, les postures adoptées sont globalement plutôt des postures empiristes. Dans le détail, ces postures oscillent entre un empirisme fort et une posture plus neutre se proposant d'articuler usage des sens et de la raison. Nous pouvons nous demander s'il existe une adaptation des postures au cours des cycles, par exemple, en prônant des postures empiristes dans les petites classes puis plus neutres dans les cycles supérieurs. Nous voyons qu'il n'en est rien, les cycles 2 et 4 proposant une certaine articulation raison-sens, alors que les cycles 1 et 3 adoptent des postures fermement empiriques. Cela dénote très certainement les conceptions épistémologiques des rédacteurs de chacun de ces textes et l'absence de relecture intégrée sur ces objets épistémologiques.

Le dipôle réalisme-instrumentalisme ne présente pas la même répartition. Nous assistons à un déplacement au cours des cycles des postures identifiées. Si l'approche réaliste est très présente en maternelle, le discours tend vers le pôle instrumentaliste en cycle 3 et 4. Il s'agit ici certainement d'un choix épistémologique et didactique. Sans que ce soit une certitude, il est fortement probable que les rédacteurs des programmes se soient appuyés sur des théories du développement de l'enfant afin de permettre aux élèves de passer d'un réalisme fort à un instrumentalisme modeste (en effet, les cycles 3 et 4 sont malgré tout empreints de réalisme).

Les quelques allusions relatives à l'histoire des sciences retrouvées dans le socle commun semblent faire mention de ruptures et de discontinuités. Nous avons interrogé la place accordée aux grands savants : les textes officiels associent à plusieurs reprises une grande découverte ou théorie à un savant isolé et identifié.

Enfin, la science semble globalement pouvoir se constituer sous sa seule impulsion en mettant en œuvre de manière rigoureuse une démarche scientifique qui n'est jamais clairement définie. Si quelques allusions semblent indiquer que le contexte social ou historique a pu ou peut influencer la science, force est de constater que la posture massivement adoptée par les textes officiels est bien une posture internaliste.

3.2. Ces postures sont-elles explicitement assumées ou plutôt sous-jacentes et implicites ?

Les postures adoptées sont largement implicites. Elles ne sont pas explicitement assumées. À aucun moment, dans les textes officiels, nous ne retrouvons cités ces grands courants épistémologiques. Malgré tout, nous pouvons noter que, dans les programmes de l'école maternelle et du cycle 3, est affirmée à plusieurs reprises la primauté du recours aux sens pour construire des connaissances et appréhender le monde. Cette posture empiriste, si elle n'est pas nommée, est cependant clairement revendiquée dans certains textes du corpus étudié.

3.3. Ces postures épistémologiques sont-elles cohérentes avec une certaine vision des sciences ou bien constituent-elles un patchwork hétéroclite de postures antagonistes ?

Ces postures épistémologiques semblent, en définitive, bel et bien constituer un patchwork hétérogène duquel paraissent émerger les conceptions et adhésions plus ou moins étayées des rédacteurs des programmes. Le dipôle réalisme-instrumentalisme, hétéroclite, semble cependant avoir été pensé dans l'objectif d'une progression au cours du curriculum de l'élève en lui proposant de passer de conceptions très réalistes à des approches plus neutres. Le dipôle empiriste-rationaliste est quant à lui très disparate et non pensé dans une progression entre les cycles.

3.4. La prise en compte de dimensions épistémologiques lors de la conception des programmes

En 2015, avant la parution des programmes, des experts ont été mandatés par le CSP (Conseil supérieur des programmes) afin d'instruire la conception des nouveaux programmes. Analysons à présent les contributions des experts sollicités par le CSP (MEN, 2015c) afin de déterminer dans quelle mesure les dimensions épistémologiques des projets de textes avaient été étudiées. Parmi les huit experts mobilisés, trois font mention aux dimensions épistémologiques de l'enseignement des sciences de manière plus ou moins implicite :

- Corinne Marlot, dans sa contribution¹⁹ à la conception des nouveaux programmes pour le cycle 2 et le cycle 3, souligne l'importance de l'histoire des sciences pour saisir la nature de la science :

En dernière remarque, et dans une perspective transversale aux différents niveaux, je ne saurais que trop recommander, et ce, dès le cycle 2, d'avoir recours à des éléments de connaissance relevant de l'histoire des sciences ; non pas seulement comme exemple illustratif et parfois même anecdotique d'une notion, mais aussi comme support à la construction de la question d'entrée ou du problème scientifique, ou encore comme appui à la compréhension de la nature de la sciences (sic) (du point de vue des fondements épistémologiques de la démarche scientifique et du fonctionnement de la production scientifique), afin d'éviter de développer chez les élèves une conception naïve des sciences où tout tiendrait au génie de quelques-uns ! (MEN, 2015c¹⁹, p. 11).

Puis elle ajoute que

[...] les enseignants développent une approche empirique majoritaire, ce qui se traduit par un fort inductivisme opposé à la logique hypothéticodéductive de la démarche d'investigation scientifique (Lederman, 2007 ; Mathé, 2010 ; Flageul & Coquidé, 1999), telle que préconisée par les textes officiels. On assiste alors à la primauté de l'observation au détriment de la construction du problème (Orange, 2003). Cette posture écarte la mobilisation, dans le cours de l'investigation et au préalable, de modèles, de théories qui doivent être enseignées pour que les élèves puissent raisonner. On voit alors se développer la croyance que « tout doit venir de l'expérience » qui permettra de produire des éléments de réponse (Coquidé, 2009). Ce qui est juste en partie, mais ne rend pas compte de la démarche scientifique où c'est sur des résultats scientifiques et à partir d'un cadre théorique et de modèles que se construisent et s'interprètent les résultats expérimentaux (MEN, 2015c¹⁹, p. 5).

Ces remarques amènent Corinne Marlot à proposer dans sa « recommandation 6 » :

recommandation 6 : Proposer des activités qui mettent en relation le registre de l'observation et de la description de faits empiriques avec le registre des théories et des modèles afin de promouvoir le raisonnement argumentatif (Tiberghien, 2011) (MEN, 2015c¹⁹, p. 14).

Le CSP s'est ainsi vu alerté sur cette ligne de tension empirisme-rationalisme dans la contribution de Corinne Marlot.

- La contribution de Maryline Coquidé²⁰, elle aussi mandatée en 2015 par le CSP, relève quant à elle deux conceptions de la science qu'elle oppose :

Conception empiriste, placée sous le signe de l'objectivité, le scientifique dégageant les « lois de la nature », en écartant peu à peu le rideau des apparences grâce à sa soumission aux faits, selon un progrès régulier ponctué d'expériences cruciales. Elle est

¹⁹ <https://www.education.gouv.fr/media/14714/download>

²⁰ <https://www.education.gouv.fr/media/14705/download>

fondée sur l'idée d'une méthode scientifique « naturelle », laquelle débute par une observation (empirisme) et respecte une succession de phases obligées.

Conception constructiviste, placée sous le signe de l'objectivation : le scientifique ne recherche plus des lois de la nature extérieures à l'homme, mais contribue à la production culturelle de modèles d'intelligibilité, en fonction des idées dominantes. Loin de se soumettre aux faits, il contribue à en construire de nouveaux. Les expériences ne sont jamais « cruciales » mais sont soumises au débat permanent au sein d'une communauté de recherche. L'idée de méthode fait place à celle de démarche oscillante, à caractère heuristique plus qu'algorithmique, entre la construction délicate de problèmes et d'hypothèses d'une part, leur mise à l'épreuve du réel par les moyens de la logique d'autre part (MEN, 2015c²¹, p. 10).

- Vincent Robert²² enfin, sollicité en 2015 au titre des sciences physiques, se place dans une optique explicitement empiriste, l'observation doit être première :

Il me semble que les objectifs des cycles 3 et 4 sont très différents. Le cycle 3 doit correspondre davantage à un éveil de la curiosité scientifique à travers l'observation du monde qui nous entoure, de ses formes, des dimensions si différentes (la cellule et l'univers, temps géologiques et de calcul de nos ordinateurs modernes), des relations existantes, de l'expression d'une complexité. [...] Passons alors au cycle 4 qui normalement s'articulera autour de ces questions, de ces observations laissées comme des énigmes non totalement élucidées. Ce cycle 4 sera celui du concept, des lois, de la rationalisation, le temps de la quantification. [...] À présent, nous sommes en mesure de prévoir ce que nous nous contentions d'observer (MEN, 2015c²², pp. 2-3).

Cet expert fait plus loin une mention explicite à la philosophie :

Enfin, la philosophie trouvera sa place à ce niveau. Comment se fait-il qu'elle n'apparaisse que timidement alors que les questions de représentations du monde, de paradigmes, sont débattues depuis bien longtemps ? (MEN, 2015c²², p. 3).

Trois experts avaient ainsi proposé un regard épistémologique sur les projets de programmes. Quelles que soient les postures épistémologiques adoptées dans ces expertises, force est de constater que le CSP a bien été alerté sur l'importance de la portée épistémologique des programmes.

3.5. Définition d'une épistémologie scolaire

Ainsi, nous voyons que sont privilégiées dans les textes officiels de l'Éducation nationale les postures issues du sens commun : le scientifique semble expliquer la réalité telle qu'elle est ; c'est principalement par l'observation et l'expérience que le scientifique comprend le monde et construit ses théories. Par l'application rigoureuse d'une démarche en classe, l'élève est capable de mettre à nu le réel. C'est sur de telles postures que semble ainsi se fonder l'épistémologie scolaire prescrite par les programmes d'enseignement. De plus, en s'appuyant ainsi sur les conceptions issues du sens commun, les programmes ne peuvent que renforcer ces visions épistémologiques auprès des enseignants et des élèves alors qu'ils pourraient justement permettre d'ouvrir les enseignements sur d'autres manières de percevoir les sciences et ainsi assurer une déstabilisation de ces conceptions épistémologiques naïves. Pélissier, Venturini et Calmettes (2007) relevaient les conceptions très empiristes et réalistes d'enseignants de physique-chimie stagiaires ou confirmés. S'appuyant sur de nombreux travaux sur la nature de la Science (Nature of Science, NoS), Gandit, Triquet et Guillaud (2010) relevaient eux aussi que de nombreux

²¹ <https://www.education.gouv.fr/media/14705/download>

²² <https://www.education.gouv.fr/media/14726/download>

enseignants de sciences mettaient en œuvre en classe des démarches très empiriques « *fondées sur des modèles épistémologiques proches du sens commun* ». Or ces auteurs concluaient que cette vision empiriste de la science représentait un obstacle à la mise en œuvre de démarches d'investigation en classe. Nous pouvons ici encore convoquer les travaux de Cariou (par exemple : Cariou, 2013) qui montraient déjà dans les précédents textes officiels un « *flottement épistémologique* ». Pourtant, une pluralité des visions de la science, de son histoire, du travail du scientifique pourrait être appréhendée par les enseignants, et par les élèves à travers leurs enseignements. Mais nous avons vu que cela n'était pas le cas : les postures épistémologiques des programmes d'enseignement semblent plus relever du patchwork hétéroclite, qui plus est implicite.

Ainsi, cette épistémologie scolaire prescrite semble bien, du cycle 1 au cycle 4, reposer en grande partie sur de l'implicite. Or cet implicite a des conséquences. Maurines et *al.* (2013), quant à eux, montraient que les représentations de stagiaires ou d'enseignants correspondaient à « *une image empirico-inductive et réaliste « naïve » des sciences* » (Maurines et *al.*, 2013). Au-delà de ce constat, ils indiquaient que peu d'enseignants avaient conscience que l'un des enjeux de l'enseignement des sciences était de nature épistémologique. Ils montraient aussi que la nature implicite des postures épistémologiques scolaires prescrites pouvait impliquer une négligence de cet objectif d'apprentissage par les enseignants, mais aussi un maintien chez les élèves de visions très empirico-réalistes. Si l'épistémologie scolaire prescrite est très largement implicite, cela signifie qu'il revient à l'enseignant seul de transposer des éléments épistémologiques sur les démarches et la nature de la science à partir de son bagage épistémologique. Or si cet enseignant n'a pas été formé à l'épistémologie de sa discipline, il ne peut que s'appuyer sur ses propres représentations et sur une épistémologie du sens commun. Le prescripteur semble s'accommoder de cet état de fait, alors que tout porte à croire qu'il en irait tout autrement concernant les connaissances scientifiques à enseigner. Ni la transposition didactique externe (du savoir savant au savoir à enseigner) ni la transposition didactique interne (du savoir à enseigner au savoir enseigné) ne semblent ainsi prises en charge.

À l'image de ce que proposent les seuls programmes du cycle 2, les textes officiels pourraient cependant être attentifs au fait d'articuler en permanence le monde de la raison et celui de la perception sensible. De plus, il est possible d'explicitier certaines postures épistémologiques au sein de programmes d'enseignement. En effet, les nouveaux programmes d'enseignement scientifique commun de première et terminale semblent prendre en compte, dans leur introduction, certains éléments d'une épistémologie construite, étayée et explicite. Nous pourrions soutenir que cette explicitation d'une épistémologie scolaire étayée dans les niveaux de classe les plus élevés relève d'une progressivité dans les attendus des programmes, les élèves ayant atteint une maturité intellectuelle leur permettant d'appréhender la portée du discours scientifique. Mais pourquoi alors produire un programme de cycle 2 articulant comme il le fait empirie et raison, et ne pas proposer une telle construction pour les cycles suivants et les autres lignes de tension ? De plus, ne conviendrait-il pas mieux de rendre très explicite auprès des lecteurs des programmes (qui sont des enseignants pour la plupart, et non des élèves !) les éléments d'une épistémologie scolaire prescrite étayée, sans doute utile pour eux, y compris dès le cycle 1 ?

3.6. Quelques suggestions pour une prise en compte d'une épistémologie scolaire

Nous avons vu que si les textes officiels véhiculent implicitement une épistémologie du sens commun, épistémologie qui peut paraître, à bien des égards, naïve, limitée ou défailante, il revient à l'enseignant d'assurer seul une transposition didactique de ces éléments

d'épistémologie. Nous tenons ici à souligner toute l'importance d'une formation épistémologique initiale et continue pour les enseignants chargés d'accompagner les élèves dans l'acquisition d'une culture scientifique. De Hosson et Schneeberger (2011) remarquaient par exemple que

faire le vœu d'introduire au sein de la classe de sciences une histoire des sciences à la fois consistante et authentique c'est soutenir la nécessité d'une formation plus effective des enseignants à l'histoire des disciplines scientifiques (De Hosson & Schneeberger, 2011, pp. 9-20).

Sans cet équipement, comment rendre les enseignants autonomes et conscients des attendus et des implications de l'implicite de l'épistémologie scolaire ? Cela nous semble impératif afin de construire de futurs citoyens capables de déterminer la portée des assertions scientifiques dans de nombreux débats socio-médiatiques (dont la plupart ne relève cependant pas de controverses scientifiques mais de simples controverses sociomédiatiques). Certes, l'enseignant pourra s'appuyer sur les résultats de la recherche dont quelques références ont été données dans le présent article pour aiguïser son approche de ces questions épistémologiques. Pourront aussi être interrogées des lignes de tensions épistémologiques évoquées plus haut :

- L'observation première ou empreinte de théorie ?
- La place de la (ou des !) hypothèses : découlent-elles de l'observation ou en sont-elles à l'origine ? Doivent-elles être vérifiées ou falsifiées ?
- Le rôle de l'expérience : contraignant le réel à répondre à nos questions ou mise en scène découlant du cadre théorique ? L'expérience prouvant, corroborant ou produit de la théorie ?
- Le modèle en classe pour prouver ou pour illustrer ? Quel lien entre le modèle et le réel ?
- La généralisation par recours au raisonnement inductif permettant de passer d'observations parcellaires et limitées à des vérités générales ou par confrontation au savoir établi ?
- Le scientifique découvrant ou inventant le réel ? Le scientifique génie isolé ou culturellement, socialement et historiquement situé ?
- La science du passé fausse et naïve ou rationnelle et cohérente avec les connaissances de l'époque ?

Conclusion

En conclusion, le sens commun semble entraîner le lecteur des programmes vers une approche réaliste et empiriste du monde. Les sciences semblent ainsi nous dévoiler « La Vérité » sur ce monde. Tout d'abord, cette notion de vérité est sans doute quelque peu encombrante pour l'enseignant en sciences : il n'est en effet pas simple de mobiliser une conception relative de la vérité. Pourtant, les vérités scientifiques peuvent et doivent pouvoir être remises en question. Les sciences recouvrent ainsi des activités humaines qui peuvent se corriger sous leur propre impulsion, en s'appuyant sur l'épistémologie. Toute la difficulté réside alors dans le fait de ne pas basculer dans un relativisme généralisé. En sciences, comme dans d'autres types de discours, tout ne se vaut pas. Les connaissances construites par les sciences sont étayées, justifiées (en partie) mais peuvent (doivent dirait Popper) être critiquées et remises en question. Elles sont ainsi périssables (susceptibles d'être abandonnées) et révisables. C'est sans doute pour cela qu'elles se montrent si efficaces.

Pour revenir à l'article du journal *Le Monde* auquel nous faisons référence dans l'introduction, contester la théorie de l'évolution, cela consiste à la critiquer, à en discuter la portée, selon la

définition que *Le Robert* donne à ce terme. Cela ne relève en rien de l'hérésie comme l'indique Corinne Lesnes, mais bien de l'évidence pour l'immense majorité des scientifiques. Certes, toutes les critiques ne sont pas recevables, notamment celles qui tentent de produire des explications téléologiques spiritualistes de l'évolution (Lecointre, 2012, 2014), explications que le matérialisme méthodologique de la science ne reconnaît pas. Mais si, après 160 ans de critiques et de discussions, de remises en questions, de contestations, l'évolution est encore à ce jour, et peut être plus que jamais, acceptée par la communauté des biologistes, c'est certainement en raison de sa grande cohérence, et de sa puissance pour expliquer la biodiversité du monde qui nous entoure.

L'auteur tient à remercier Bernard Calmettes et Philippe Hubert pour leurs conseils, ainsi que Lena Soler pour son accompagnement.

Références bibliographiques

Astolfi J.-P. & Develay M. (1989). *La didactique des sciences*. PUF.

Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : Les Presses universitaires de France, 3^e édition, 1966.

Bachelard, G. (2011). *Epistémologie - Textes choisis*. PUF.

Barberousse, A., Kistler, M. & Ludwig, P. (2000). *La Philosophie des sciences au XX^e siècle*. Flammarion.

Blay, M. (2017). *Critiques de l'histoire des sciences*. CNRS éditions.

Boghossian, P. (2009). *La peur du savoir*. Agone.

Bouveresse, J. (1998). *Le Philosophe et le réel*. Hachette Littératures.

Bouveresse, J. (1999). *Prodiges et vertiges de l'analogie*. Raisons d'agir.

Cariou, J.-Y. (2011). Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire. *RDST*, 3, 83-106.

Cariou, J.-Y. (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST*, 7, 137-166.

Cariou, J.-Y. (2019). *Histoire des démarches scientifiques*. Matériologiques.

Chaberlot, F. (2012). *La science est-elle un conte de fées ?* CNRS éditions.

Chalmers, A. (1982). *Qu'est-ce que la science ?* La Découverte.

Coquidé, M., Fortin, C. & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *ASTER*, 49, 51-78.

Delmas-Rigoutsos, Y. (2009). *Petites leçons d'épistémologie*. Vuibert.

Dubessy, J. & Lecointre, G. (2003). *Intrusions spiritualistes et impostures intellectuelles en*

sciences. Syllepse.

D'Espagnat, B. (1985). *Une incertaine réalité*. Bordas.

Flageul, L. & Coquidé, M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire. *ASTER*, 28, 33-55.

Gandit M., Triquet E. & Guillaud J.-C. (2010). Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques : représentations d'enseignants stagiaires en IUFM. *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Université de Genève.

Germann, B. (2016). *Apports de l'épistémologie à l'enseignement des sciences*. Matériologiques.

Goldman, A. (1999). *Knowledge in a social world*. Oxford.

De Hosson, C. & Schneeberger, P. (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *RSST*, 3, 9-20.
<https://journals.openedition.org/rdst/363> (consulté le 24/10/20).

Jarrosson, B. (1992). *Invitation à la philosophie des sciences*. Le Seuil.

Krivine, H. (2011). *La Terre, des mythes au savoir*. Cassini.

Kuhn, T. (2008). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.

Lange, J.-M. (2004). Vers l'identification des savoirs en action dans l'enseignement des SVT. In J.P. Astolfi (dir.) : *Savoirs en action et acteurs de la formation* (pp. 197-211). Presses universitaires de Rouen et du Havre.

Latour, B. (1989). *La Science en action*. La Découverte.

Lecointre, G. (2012). *Les sciences face au créationnisme*. Quae.

Lecointre, G. (2014). *L'évolution, question d'actualité*. Quae.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abelle & N. G. Lederman (Eds), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Locke, J. (2002). *Essai sur l'entendement humain*. Vrin.

Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français : Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette méthode d'enseignement par les enseignants*. Thèse de l'Université Paris Diderot - Paris 7.

Maurines, L. & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *RSST*, 3, 271-305.

Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J. & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *RSST*,

7. <http://journals.openedition.org/rdst/674> (consulté le 24/10/20).

Moatti, A. (2013). *Alterscience*. Odile Jacob.

Pélessier, L., Venturini, P. & Calmettes, B (2007). L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement en seconde à la démarche d'investigation au collège. In *Actes des 3^e journées nationales inter-IUFM sur la recherche et la formation des enseignants en Épistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques (ReForHST)* (pp. 8-13). Caen.

Poincaré, H. (1968). *La Science et l'hypothèse*. Flammarion.

Popper, K. (1998). *La connaissance objective*. Flammarion.

Savaton, P. (2011). Histoire des sciences et enseignement du modèle de la tectonique des plaques. *RDST*, 3, 107-126.

Silberstein, M. (dir.) (2017, 2018). *Qu'est-ce que la science... pour vous ?* tomes 1 et 2. Matériologiques.

Sokal, A. (2005). *Pseudosciences et postmodernisme*. Odile Jacob.

Soler, L. (2003). Transformer l'idée de science et l'idéologie liée à la science ? In *À quoi sert la philosophie des sciences ? Rue Descartes*, 41, 30-40. PUF.

Soler, L. (2005). Les critiques adressées à la conception empiriste de l'expérimentation. In B. Andrieu (dir.) : *Expérimenter pour apprendre* (pp. 21-34). L'Harmattan.

Soler, L. (2009). *Introduction à l'épistémologie*. Ellipses.

Soler, L. (2013). Anatomie d'une découverte : le photon. In T. Lepeltier : *Histoire et philosophie des sciences* (pp. 86-97). Editions Sciences humaines.

Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. In *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves*. ENS de Lyon.

MEN (2015a). Programmes d'enseignement de l'école maternelle (arrêté du 18/02/2015, Bulletin Officiel, spécial n°2, 26/03/2015).
<https://www.education.gouv.fr/bo/15/Special2/MENE1504759A.htm>
(consulté le 24/10/20).

MEN (2015b). Programmes d'enseignement des cycles 2, 3 et 4 (arrêté du 09/11/2015, Bulletin Officiel, spécial n°11, 26/11/2015).
https://www.education.gouv.fr/bo/15/Special11/MENE1526483A.htm?cid_bo=94753
(consulté le 24/10/20).

MEN (2015c). Contributions des experts sollicités par les groupes chargés de l'élaboration des

projets de programmes des cycles 2, 3 et 4 : Ministère de l'Éducation Nationale. Site Eduscol :
<https://www.education.gouv.fr/cid138960/contributions-des-experts-sollicites-par-les-groupes-charges-de-l-elaboration-des-projets-de-programme.html> (consulté le 20/02/20).