

Méthodologies scientifiques et techniques pour approcher le vivant : comparaison des programmes scolaires France-Québec

Marie-Claude Bernard^{a,1}, Sandrine de Montgolfier², Michèle dell'Angelo³, et Catherine Simard⁴

¹ Département d'études sur l'enseignement et l'apprentissage, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval, 2320, rue des bibliothèques, Québec, QC, G1V 0A6, Canada

² IRIS (EHES, INSERM, CNRS, UP13) & Université Paris Est Créteil, ESPE, Place du 8 Mai 1945, 93203 Saint Denis, France

³ UMR STEF ENS Cachan, Université Paris Est Créteil, ESPE 36 rue Charpak, 77587 Lieusaint, France

⁴ Université du Québec à Rimouski, Québec, 300, allée des Ursulines, C. P. 3300, succ. A, Rimouski, QC, G5L 3A1, Canada

Résumé. Les percées en matière de biotechnologie ouvrent la voie à des transformations d'une grande portée touchant au cœur du vivant : manipulation génétique, OGM ou utilisation de cellules souches, la biologie contemporaine soulève des questions porteuses d'enjeux qui trouvent écho dans la recherche et l'enseignement des sciences. Dans ce contexte, nous avons mené une étude sur l'analyse du discours des programmes officiels scolaires du préscolaire au secondaire en France et au Québec sur les questions entourant le vivant, en considérant que lesdits programmes contribuent autant à la structuration des situations éducatives qu'à l'intégration d'un point de vue sur la société et les savoirs. L'étude a été réalisée au regard de trois modes de questionnement : caractérisation du vivant, approches éthiques du vivant et méthodologies scientifiques et techniques. Les résultats de l'analyse montrent une évolution comparable des activités expérimentales suggérées au cours de la scolarité dans les deux pays. Celles-ci convoquent une pluralité de démarches (et non une seule et même démarche scientifique) et proposent des tâches ouvertes aux élèves visant à leur donner de l'autonomie. Sur beaucoup de plans, les attentes semblent s'appuyer, en partie, sur un modèle socioconstructiviste de l'acquisition des connaissances. Les façons de favoriser les rencontres du « vivant » diffèrent quant à elles.

Scientific and technical methodologies to address biological questions: a comparison of school curricula France-Québec

Abstract. Biotechnological breakthroughs are paving the way for far-reaching changes affecting life and living organisms. From genetic engineering to uses of stem cells, modern biology raises issues and challenges in research and science education. In this context, we studied the discourse of official school curricula from preschool to high school in Quebec and France with respect to issues regarding life and living organisms. Official school curricula contribute as much to the structuring of educational situations as to the integration of a point of view on society and knowledge. The study was conducted according to three modes of questioning: a

characterization of life, ethical approaches to life, and scientific and technical methodologies. The results of the analysis show similar trends in the role of experimental activities put forward in both official curricula. These activities use a plurality of methods (not a single or unique scientific method) and offer students open tasks to give them more autonomy. In many aspects, the expected outcomes seem to rely, in part, on a social constructivist model of learning. Although there are some differences regarding the ways to approach life and living organisms.

1 Introduction

Les percées récentes en matière de biotechnologies et nanotechnologies ont ouvert la voie à des transformations d'une grande portée. Qu'il s'agisse de manipulation du matériel génétique, d'OGM, d'utilisation de cellules souches, d'assistance médicale à la procréation (AMP) ou de gestation pour autrui (GPA), les capacités d'intervention au cœur même du vivant soulèvent des controverses dont la portée sociale est manifeste (Atlan, Jouannet, & Ogien 2003 [1] ; Somerville, 2003 [2]). Des enjeux éthiques, économiques, juridiques et politiques sous-tendent des pratiques qui transforment les formes du vivant chez les plantes et animaux. Prenons, par exemple, le cas des semences brevetées et modifiées génétiquement : les agriculteurs sont obligés de racheter ces semences devenues non reproductible – ce qui constitue au-delà de la privation de la propriété des descendants, une confiscation de l'une des propriétés du vivant, celle de la reproduction (Berlan, 2005 [3]). Les plantes plus résistantes aux maladies ou à certains insectes prédateurs, mieux adaptées au milieu hydrique ou plus productives, permettent une plus grande rentabilité présentée comme un avantage à une époque où il devient urgent de « nourrir la planète ». Mais des études faites sur un plus long terme pointent de nombreuses limites : la diminution du nombre des espèces (voire leur disparition) qui prive d'une variété considérée comme un avantage sélectif, la sélection d'espèces animales résistantes, la contamination de variétés non modifiées et par là, la non maîtrise de la dispersion de gènes aussi bien dans l'environnement qu'à d'autres espèces consommatrices. Les enjeux sociaux, économiques, écologiques, éthiques et politiques qui entourent l'étude et l'utilisation du vivant sont donc importants autant par les transformations du monde qu'ils produisent que par la construction de nouvelles représentations qui impactent les choix offerts aux citoyens et les décisions que ceux-ci pourront prendre. Le champ de l'éducation ne fait pas exception. L'enseignement, du primaire au secondaire, qui participe au processus de formation des citoyens est donc confronté à ces questions. C'est dans ce contexte que notre équipe¹ s'est intéressée à l'analyse des façons dont sont pris en compte les divers enjeux que soulève le vivant dans l'enseignement des sciences et technologie. Nous avons cherché à identifier les choix retenus dans le contenu des programmes scolaires : insiste-t-on sur la description, l'organisation, le fonctionnement des vivants ? Quelle place accorde-t-on aux valeurs de respect, responsabilité et à la formation d'un esprit critique ? Quelles sont les pratiques, méthodes ou outils qui sont proposés pour aborder les contenus reliés au vivant ? Quels types de rapports aux savoirs et, plus spécifiquement, quels types de rapports aux vivants sont privilégiés ?

Nous nous sommes appuyées sur un travail commun, basé sur l'analyse des programmes français et québécois afin de mettre à profit la constitution bi-nationale de notre groupe. Étudier les programmes scolaires officiels qui, redevables d'un projet sociopolitique, contribuent à la structuration des situations éducatives (Désautels & Larochelle, 2004 [4]; Lessard, 2010 [5]) nous a semblé un point de départ pertinent pour croiser les points de vue de la France et du Québec. Si, de prime abord, les deux programmes dans le domaine de l'enseignement scientifique partagent dans les grands traits une visée commune, soit celle d'initier les élèves aux sciences et de former des citoyens aptes à prendre des décisions responsables, les formes d'organisation des contenus diffèrent : socle

¹ Notre équipe EVEREST (Enseignement du vivant et recherche en sciences et technologies), constituée de chercheurs de différents pays (Canada, France, Gabon), s'intéresse à l'étude du vivant et ses enjeux en sciences de l'éducation. Dans sa première étape, seuls le Canada et la France étaient représentés.

commun de connaissances et compétences en France, enseignement intégré de science et technologie et compétences au Québec.

Dans la poursuite de travaux précédents (Bernard, de Montgolfier, Simard & dell'Angelo, 2013 [6] ; de Montgolfier, Bernard, dell'Angelo, Simard, 2015 [7] ; de Montgolfier, dell'Angelo, Simard & Bernard, 2014 [8]), cette étude se centre sur l'analyse des méthodologies scientifiques et techniques proposées dans les contextes français et québécois dont nous présentons ici les premiers résultats. On situera premièrement le corpus des programmes d'enseignement étudié et, deuxièmement, la démarche méthodologique utilisée. Troisièmement, nous présenterons différentes stratégies de proposition des méthodologies scientifiques et techniques dans les deux programmes, suivies quatrièmement par une discussion. Nous terminons par une conclusion et des perspectives de recherche à poursuivre.

2 Contexte d'étude des programmes d'enseignement

Depuis une vingtaine d'années, un vent de réforme souffle sur le terrain de l'éducation. Il se situe dans un contexte international et concerne en particulier les pays membres de l'OCDE, dont la France et le Canada. Elle interroge notamment la place des savoirs, considérés comme une nouvelle carte de distribution de richesse et de puissance, le rôle de cohésion sociale que joue l'institution scolaire en préparant à l'exercice de la citoyenneté, et un virage vers les compétences qui structurent les visées, le développement et l'évaluation des acquis des élèves. Traduit dans les programmes éducatifs, ces réformes représentent des actes politiques où les préoccupations de l'État sont explicitées (Lessard, 2010 [5] ; Martinand, 2012 [9]). Elles le sont au moins sous trois formes : celle des *missions* où s'explicitent les finalités de l'éducation scolaire ; celle des *contenus globaux de formation* qui visent les connaissances à retenir dans les programmes ; celle, enfin, des *habiletés et aptitudes* à développer et de valeurs communes à promouvoir et élaborées dans la perspective des compétences (Rapport Inchauspé, 1997 [10]). En somme, les programmes d'enseignement en tant que produits d'un projet sociopolitique contribuent à la fois à structurer les situations éducatives et à intégrer un point de vue sur la société, sur les savoirs et sur leur construction (Désautels & Larochelle, 2004 [4] ; Lessard, 2010 [5]).

Dès les années 70, l'approche 'Sciences, Technologies, Sociétés' insistait sur l'importance d'intégrer des questions de société et de culture dans les cours de science en vue d'aider les jeunes à développer des moyens d'analyse leur permettant de comprendre les enjeux sociaux et politiques de l'activité scientifique (Aikenhead, 2006 [11]). Depuis les années 90, une réflexion, au niveau international, sur les manières d'approcher cet enseignement a été conduite (Fourez, 1995 [12]). Dans le contexte de la recherche sur l'enseignement des sciences et technologie, on observe un retour marqué, sous des formes renouvelées, de cette approche STS (Pedretti & Nazir, 2011 [13] ; Sadler, Amirshokoohi, Kazempour & Allspaw, 2006 [14]). Elle s'accompagne aujourd'hui d'une préoccupation pour le développement d'une citoyenneté active afin que les jeunes apprennent à mieux décoder le monde dans lequel ils vivent, à participer aux choix scientifiques et (bio) technologiques qui contribuent à façonner ce monde et les relations sociales (Callon, 1999 [15] ; Hodson, 2003 [16]) et, pour cela, à puiser dans une pluralité de savoirs. Des recherches sur des actions éducatives telles qu'examiner des controverses, introduire des questions socialement vives ou promouvoir l'activisme en classe sont des exemples d'études orientées à cette fin (Albe, 2009 [17] ; Bencze & Alsop, 2014 [18] ; Simonneaux, 2013 [19]).

En ce qui concerne les démarches utilisées en sciences et leurs impacts sur les apprentissages et la construction d'un rapport au vivant, les travaux de Coquidé (1998, 2003) [20, 21] différencient trois modes didactiques pouvant aider à clarifier les projets des enseignants. Le premier a trait à la familiarisation pratique (à dominante pragmatique elle peut consister à manipuler du matériel, s'initier à des techniques ou prendre en main des instruments, par exemple). Le deuxième concerne l'investigation empirique (ou expérimentation) qui aurait l'intention de mobiliser l'élève afin qu'il élabore ses connaissances en utilisant les instruments et les procédures d'une investigation (de terrain ou en laboratoire). Enfin, le troisième mode consiste en l'élaboration théorique (expérience –

validation) qui se réalise lorsque l'élève élabore des liens avec les référents empiriques dans le cadre d'un apprentissage conceptuel (expériences pour démontrer, conceptualiser et modéliser qui ne se limitent pas à de simples exercices pratiques d'application). Ces modes aident les enseignants à situer plus précisément les activités qu'ils proposent.

Par ailleurs, le travail de dell'Angelo-Sauvage, (2007) [22] s'intéressant au rapport au vivant construit de l'école au collège en y distinguant les dimensions affectives, cognitives et éthiques, soutient que les élèves – engagés dans des démarches scientifiques faisant intervenir des constats, des interrogations et des réinvestissements de connaissances – modifient leurs perceptions des vivants. Centrés d'abord sur des aspects d'ordre affectif, ils prennent alors en compte des aspects éthiques et cognitifs. La polémique rencontre du vivant par la dissection est une des démarches scolaires proposées, parmi d'autres, où cette intégration des dimensions affectives, cognitives et éthiques est particulièrement présente (Dargent, Dargent & dell'Angelo, 2006 [23]; Darnet, 2003 [24]). Elle en conclut que le rapport au vivant des élèves s'inscrit dans l'établissement de valeurs personnelles et sociales.

D'autres recherches pointent plus particulièrement la mise en place, en classe, de pratiques de modélisation (schémas, maquettes, graphiques) ou de ressources telles les images fixes ou mobiles, et l'emploi de certains logiciels entre autres de simulation par ordinateur. Les auteurs s'accordent à pointer, à l'instar d'Astolfi, Ginsburger-Vogel et Peterfalvi (1988) [25] et de Gouanelle et Schneeberger (1996) [26], la difficulté à comprendre les modèles souvent substitués au réel sans des explications suffisantes et conduisant à la construction d'obstacles à la compréhension pour l'élève (Drouin, 1987 [27]; Ducancel & Pochon, 1993 [28]; Martinand, 2002 [29]). Ils soutiennent, par ailleurs, l'intérêt de l'utilisation de schéma dans l'apprentissage en rapport avec l'objectif de passer d'une pensée linéaire (caractéristique des relations cause effet indépendantes) à une pensée systémique (caractérisée par l'analyse de réseaux d'interactions) (Host, 1989 [30]; Coquidé, 2008 [31]).

Qu'en disent les programmes ? Quels contenus entourant le vivant sont retenus et comment proposent-ils de les aborder ? Des pratiques, des méthodes ou des outils sont-ils favorisés plutôt que d'autres ? La construction de quels types de rapports aux vivants serait privilégiée par ces pratiques ? Nous avons tenté de répondre à ces questions en réalisant une analyse des deux programmes scolaires, France – Québec². Plus spécifiquement, nous avons comparé la prise en charge de ces questions dans les objectifs, contenus, méthodes et matériels préconisés dans les programmes officiels qui constituent ce que Martinand (2012) [9] nomme le curriculum prescrit, en tenant compte qu'il ne s'agit pas du « curriculum réel » puisqu'il n'inclut ni le travail de mise en œuvre des enseignants ni de ses adaptations dans les interactions avec les élèves ni l'apport de ressources externes en soutien à l'enseignant.

3 Démarche méthodologique

Les textes retenus pour réaliser une analyse de contenu ont été constitués exclusivement par les programmes officiels en choisissant les sections spécifiques aux sciences et technologies. Pour la France, à l'école primaire, nous avons retenu la partie « découvrir le monde » en maternelle ; « découverte du monde » au cycle des apprentissages fondamentaux (CP et CE1) et « sciences expérimentales et technologie » au cycle des approfondissements (CE2, CM1, CM2) des programmes de 2008. Pour ceux du secondaire (collège et lycée), le programme de Sciences de la vie et de la terre (SVT) 2010-2011, de la 6^e à la terminale, en privilégiant les séries dites scientifiques (S) du lycée général (les séries STL spécialités biotechnologies pour le lycée technologique ne seront qu'évoquées dans ce texte). Pour le Québec, nous avons retenu le Programme de formation de l'école québécoise

² Ce travail d'analyse constitue le troisième volet de notre recherche. Dans chaque pays et traversant les différents niveaux scolaires, dans un premier volet nous avons cherché à préciser les caractérisations du vivant privilégiées dans lesdits programmes [8]. Dans un deuxième volet nous avons tenté de déceler si les choix programmatiques tenaient compte des enjeux éthiques ou bioéthiques liés aux vivants [6 ; 7].

Éducation préscolaire et enseignement primaire (MELS, 2006), ainsi que celui de l'enseignement secondaire, premier et deuxième cycle (MELS, 2006, 2007/2010). Dans les trois cas, les sections retenues pour en faire l'analyse relèvent du domaine particulier de la mathématique, de la science et de la technologie qui aborde les enseignements relatifs au vivant, notamment sous l'« Univers vivant ».

Notre étude a été menée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, inspirées du travail de dell'Angelo (2008) [32], nous avons scindé notre étude en trois modes de questionnement : le premier envisageait la conception du vivant que l'élève pouvait construire au travers des connaissances présentées, que nous avons nommé caractérisation du vivant ; le second concernait les approches éthiques du vivant et interrogeait la prise en charge des questions de respect et de responsabilité vis-à-vis du vivant et le troisième, objet de cette publication, aborde celui des méthodologies scientifiques et techniques.

Pour chaque mode, nous avons fait le choix de certains mots-clés puisés dans le contexte d'étude du programme présenté ci-dessus, et que nous avons catégorisés en trois sections : les pratiques préconisées ; les techniques d'approche du vivant ; et enfin, celle nommée « outils », qui recouvre des techniques, des méthodes, et le type de sollicitation du travail des élèves dans les activités proposées par le programme allant de l'identification à la mise en évidence en passant par la réalisation (voir encadré 1). Ces mots-clés sont des éléments de contenu que nous avons repérés de façon systématique, dans chaque catégorie (Leray, 2008 [33]).

Encadré 1. Modes de questionnement et mots recherchés

- **Méthodologies scientifiques et techniques**

- Pratiques scientifiques :

Expérience, expérimenter, expérimentation, expérimentaux, expérimentales, expérimentalement, observer, observation, manipuler, manipulation, explorer, exploration, démarche

- Techniques d'approches du vivant :

Élevage, culture, collecte, dissection

- Utilisation d'outils :

Savoir-faire, méthodes, techniques

Identifier (au sens de mettre en relation avec un modèle ou une clé), réaliser, mise en évidence

Nous avons procédé par niveau ou ordre d'enseignement en recherchant les sections, parties ou passages du programme dans lesquels les mots étaient employés. Ensuite, nous avons relevé les différences de signification rencontrées pour un même mot suivant le contexte ou encore l'absence d'un mot dans l'un des programmes vis-à-vis de l'autre. Par la suite, nous avons entamé une analyse allant du préscolaire (maternelle), au secondaire (collège et lycée) (voir correspondances dans le tableau 1) pour chaque pays. Nous avons comparé les niveaux scolaires et le contexte d'emploi des différents mots.

Dans la démarche d'analyse suivie, nous avons identifié des limites en relation avec le listage et le repérage des mots-clés d'une part, et avec la prise en charge des différents types de textes que constitue le corpus, d'autre part. Ainsi, certains mots ne sont pas employés dans un ou l'autre des pays (par exemple, celui d'« élevage » qui, au Québec, désigne le bétail dans les fermes) et ne sont pas remplacés par un autre mot considéré équivalent. D'autres mots-clés sont absents de la liste, tels ceux de modélisation ou de modification du vivant dans la section « utilisation d'outils ». De plus, les textes de chaque programme ne sont pas pareils (ni en structure ni en longueur, par exemple). Par ailleurs, à ce stade-ci nous nous sommes limitées à l'étude des programmes officiels sans encore tenir compte des compléments de programme qui, sans avoir un caractère obligatoire, constituent toutefois des textes complémentaires aux instructions officielles. Enfin, la correspondance entre les niveaux scolaires entre les deux pays n'est pas tout à fait équivalente. À part l'égalité de la maternelle et du préscolaire, les cycles scolaires ne terminent pas au même âge (voir tableau 1).

Tableau 1. Correspondance des programmes France – Québec

| France | | Ans | Québec | | | |
|--|--------------------------------|-----------------|-----------|--|-----------------------------------|-----------------|
| Cycle 1 | École maternelle | PS | 3 | Maternelle | | |
| | | MS | 4 | | | |
| | | GS | 5 | | | |
| Cycle 2 | École primaire | CP | 6 | École primaire | 1 ^{er} cycle | 1 ^{re} |
| | | CE1 | 7 | | | 2 ^e |
| Cycle 3 | | CE2 | 8 | | 2 ^e cycle | 3 ^e |
| | | CM1 | 9 | | | 4 ^e |
| | | CM2 | 10 | | 3 ^e cycle | 5 ^e |
| 6 ^e | Collège | 6 ^e | 11 | École secondaire | 1 ^{er} cycle | 1 ^{re} |
| 5 ^e | | 5 ^e | 12 | | | 2 ^e |
| 4 ^e | | 4 ^e | 13 | | 2 ^e cycle ³ | 3 ^e |
| 3 ^e | | 3 ^e | 14 | | | 4 ^e |
| 2 ^d | Lycée général et technologique | 2 ^d | 15 | <i>Pré universitaire</i> <i>Sciences de la Nature</i> | CÉGEP | 5 ^e |
| 1 ^{ère} S | | 1 ^{re} | 16 | | | |
| TS | | Term | 17 | | | |
| <i>LI⁴ /</i> <i>BTSI</i> | <i>Université</i> | | 18 | | | |

4 Les méthodologies scientifiques et techniques dans les programmes

Pour le mode de questionnement des méthodologies scientifiques et techniques, qui concerne cet article, nous avons déterminé trois sous-groupes de mots (voir encadré 1). Un premier sous-groupe en relation avec les « pratiques scientifiques » où on trouve « expérience » et ses déclinaisons (expérimenter, expérimentation, etc.), les verbes « observer », « manipuler », « explorer » et ses déclinaisons et le terme de démarche. Un deuxième sous-groupe nommé « techniques d'approche du vivant », comprend des concepts qui supposent une rencontre avec le vivant avec plus ou moins de proximité (élevage, culture) et sous des formes vivantes dans leur milieu (collecte) ou mortes (dissection). Enfin, nous avons classé un troisième sous-groupe sous l'intitulé, « utilisation d'outils », en cherchant les savoir-faire, les méthodes, les techniques employées, ainsi que l'identification, la réalisation, les mises en évidence. Nous présentons dans ce qui suit les constats généraux dans chaque programme dans ces trois catégories pour les deux pays.

4.1 Programmes français

4.1.1 Maternelle et primaire

Dans le programme français pour l'école élémentaire, les termes relatifs aux pratiques scientifiques les plus fréquents sont en relation avec la démarche d'investigation « qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique » ([34], p. 24) et qui

³ Lors de la 3^e année du secondaire, l'élève peut effectuer un choix de parcours de formation en science et technologie. Il peut choisir entre un cursus axé plutôt sur la pratique (Applications technologiques et scientifiques, ATS) ou sur une approche théorique (ST). Ensuite, à la 4^e année du secondaire, il fait le choix de poursuivre ou non dans le programme en S&T qui s'offre encore sous une approche pratique (ATS-SE) ou théorique (ST-STE).

⁴ Les sections en italiques n'ont pas été analysées ici, mais font partie de nos explorations.

doit rendre l'élève capable de savoir observer, questionner ; manipuler, expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter ; mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions ; exprimer et exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral ; maîtriser des connaissances dans divers domaines scientifiques ; mobiliser ses connaissances dans des contextes scientifiques différents et dans des activités de la vie courante (par exemple, apprécier l'équilibre d'un repas) ; exercer des habiletés manuelles, et, enfin, réaliser certains gestes techniques ([34], p. 28). Pour ce faire, dès la maternelle les élèves « observent les différentes manifestations de la vie », et les enseignants sont invités à leur proposer des élevages et des plantations qui « constituent un moyen privilégié de découvrir le cycle que constitue la naissance, la croissance, la reproduction, le vieillissement, la mort » ([34], p. 15). Ils sont invités à faire des expériences sensorielles et motrices. À l'école primaire en cycle 2, l'élève doit « observer et décrire pour mener des investigations » ([34], p. 20), tandis qu'au cycle 3, il doit « pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer, questionner » ([34], p. 28).

4.1.2 Collège et lycée

Dans les programmes de SVT au collège, l'accent est fortement mis sur la démarche d'enseignement qui recouvre en fait plusieurs démarches. On y trouve notamment celles expérimentale, d'investigation, de projet, de résolution de problème et, moins fréquemment, celle d'observation. Si les mêmes compétences citées pour le primaire sont reprises pour le collège, on y souligne par contre la participation des élèves à la « formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles » sur le « contrôle de l'isolement des paramètres et de leur variation », la « recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires », ce qui augmente la complexité des démarches ([35], p. 4). La démarche de projet prend une place importante. Elle est citée en 5^e et avec insistance en 3^e, « dans les domaines de l'environnement ou de la santé » ([35], p. 12). La visée est celle d'un développement personnel (initiative, communication) et sociétal (se faire son opinion personnelle, la remettre en question, la nuancer).

Pour approcher le vivant, on retrouve l'observation d'organismes vivants et de leurs activités rendue possible « par la collecte de matériel sur le terrain avant leur étude en classe ; par la mise en place d'élevages ou de cultures en classe ou au sein d'un « espace nature » qui pourra éventuellement être créé dans l'établissement » ([35], p. 12). En 6^e, un élevage ou une culture industrielle sont étudiés avec d'autres visées en relation, par exemple, avec l'idée de « pratiques au service de l'alimentation humaine ». Les élèves comprennent que des « améliorations quantitatives et/ou qualitatives de la production sont obtenues en agissant sur la reproduction, les conditions d'élevage ou de culture, les apports nutritifs ». Ils mettent en œuvre et étudient une fermentation. La dissection est citée en 6^e sur une fleur, en 5^e sur un organe respiratoire et un cœur, en 3^e pour mettre en évidence « les liaisons nerveuses entre les centres nerveux et un muscle d'une part, et un organe sensoriel d'autre part » ([35], p. 28).

Par ailleurs, à tous les niveaux du collège, dès que cela semble possible, on cherche à faire un retour historique : « Situer dans le temps des découvertes scientifiques » en étudiant des textes, critiquant des représentations historiques ou des expériences ([35], pp. 16, 19, 22, 25, 27, 30, 33). Les programmes n'emploient cependant pas le terme de démarche historique.

En ce qui concerne les outils, les programmes indiquent l'informatique et différents appareils de mesures assistées ou non par ordinateur (pour mesurer la quantité de dioxygène dans l'air inspiré et dans celui expiré, par exemple), les loupes, le microscope, la réalisation d'un schéma. Les recherches et les études de documents sont aussi souvent préconisées

Au lycée, de la Seconde à la Terminale générale scientifique, l'objectif de la discipline est celui de permettre la poursuite de la formation scientifique débutée au collège et la préparation à l'enseignement supérieur. En ce qui a trait aux méthodes, en continuité avec le primaire et le collège, l'accent est mis sur la démarche d'investigation qui reste la démarche d'enseignement centrale en France. Elle s'appuie « le plus souvent possible sur des travaux d'élèves en laboratoire. Des activités

pratiques, envisageables pour chacun des items du programme, seront mises en œuvre chaque fois que possible » ([36], p. 3). Par ailleurs, le terme « démarche historique » est introduit. On souligne aussi l'importance du raisonnement propre à la science et ses méthodes, dont, notamment, l'observation. Les expériences et les techniques ne sont que des étapes pour atteindre ces objectifs.

L'activité expérimentale [doit offrir] la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par la mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats. Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de mettre à l'épreuve ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée ([36], p. 3).

L'accent est mis également sur les activités à réaliser par les élèves ; par exemple, celles de laboratoire devraient « être l'occasion d'aborder des tâches complexes. À partir d'une question globale, elles sont l'occasion de développer les compétences des élèves, leur autonomie de raisonnement et leur attitude critique » ([36], p. 3). Toujours en ce qui concerne les méthodes, le programme stipule de « manipuler et expérimenter ; comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes ; exprimer et exploiter des résultats, à l'écrit, à l'oral, en utilisant les technologies de l'information et de la communication ; communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique » ([36], p. 7).

La section technologique du lycée est beaucoup plus dédiée à l'acquisition, par les élèves, de compétences technologiques et expérimentales et le programme du lycée général ne cite à aucun moment le mot « biotechnologie », laissant ce vocable à la section qui lui est consacrée [37, 38].

Tout au long des trois années du lycée, un certain nombre de capacités et attitudes sont travaillées. Néanmoins, il n'y a pas de gradation évoquée entre ces capacités et attitudes au cours des trois années, l'idée étant qu'elles doivent être maîtrisées à la fin de l'année de Terminale.

L'activité expérimentale se retrouve dans la liste des capacités et attitudes à développer tout au long du lycée : « Pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler une hypothèse, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser) » ([39], p. 5). Le terme « expérimenter » se retrouve dès la Seconde dans la partie concernant les conditions de la vie sur Terre, de même que dans celle portant sur la nature du vivant : par exemple « Expérimenter, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre la parenté chimique entre le vivant et le non vivant » ([36], p. 8). Mais la place des termes 'expérimenter' et 'expérience' diminue jusqu'à n'apparaître que ponctuellement en Terminale sous le thème de l'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée ([39], p. 13). Les termes de manipulation ou d'exploration sont, quant à eux, peu utilisés. Par contre, les techniques expérimentales assistées par ordinateur sont présentes au même titre que les expériences de laboratoire.

En étudiant les techniques d'approches du vivant proposées, la culture est introduite en Première pour les levures ainsi que pour l'analyse de l'impact des cultures végétales sur l'environnement et son suivi. L'élevage réalisé par les élèves disparaît au profit, en Première, de l'étude de l'impact des élevages sur l'environnement ([40], p. 8). Celui de collecte concerne la collecte d'information dans le cadre des sorties sur le terrain :

Le travail de terrain est un moyen privilégié pour l'approche de situations complexes réelles. Le programme comporte plusieurs items qui se prêtent bien à la réalisation d'un travail hors de l'établissement (sortie géologique, exploration d'un écosystème, visite de laboratoire, de musée scientifique, d'entreprise). Un tel déplacement permettra souvent de collecter des informations utiles pour plusieurs points du programme et susceptibles d'être exploitées à plusieurs moments de l'année. ([40], p. 4)

La dissection reste une activité de choix selon divers objectifs, tels que, en Seconde, comparer l'organisation de quelques vertébrés ; ou comprendre l'organisation et le fonctionnement des systèmes cardiovasculaire et ventilatoire ([36], p. 12) du système musculo-articulaire ([36], p. 13); ou, en Première, identifier les différences anatomiques, physiologiques et chromosomiques des deux sexes ([40], p. 9); comprendre l'organisation du cristallin de l'œil et comprendre certains défauts de vision;

et, en Terminale, on propose la dissection d'une fleur simple [39]. La schématisation fait partie de la démarche d'investigation et elle intervient aussi souvent que possible.

Enfin, en ce qui concerne l'« utilisation des outils », dès le préambule la liste de certains outils est introduite : « (...) chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc. » ([36], p. 3). Le vocabulaire technique autour des verbes « réaliser » et « mettre en évidence » se retrouve régulièrement dans les colonnes qui précisent les capacités et attitudes à développer, mais sans spécifiquement concerner le vivant.

4.2 Programmes québécois

4.2.1 Préscolaire et primaire

Dans le programme du préscolaire, l'enfant est appelé à développer, de façon générale, un intérêt et une curiosité pour diverses disciplines. L'observation et la manipulation d'objets, la recherche d'explications et des jeux d'expérimentation sont les moyens proposés afin qu'il s'« ouvre au monde qui l'entoure » ([41], p.146).

Au 1^{er} cycle du primaire, le programme vise à initier l'élève aux rudiments des S&T à travers des modes d'observation, de manipulation, de questionnement ou de raisonnement logique tels que la classification et la sériation. Par l'exploration de problématiques simples, en provenance de son quotidien, « l'élève apprend à se questionner, à observer, à décrire, à manipuler, à concevoir, à construire, à proposer des explications ou des solutions, à chercher des moyens de les valider ; à s'approprier graduellement, à travers la description ou l'explication des phénomènes qu'il observe, des éléments des langages propres à la science et à la technologie » ([41], p.146).

Au 2^e et 3^e cycle, les attentes s'affinent et, avant d'accéder au secondaire, l'élève de 6^e année sera en mesure :

(...) de faire appel à des approches et stratégies plus complexes et parfois un peu plus abstraites ; de se documenter, planifier son travail, recueillir des données en fonction de paramètres plus nombreux ; de valider son approche en tenant compte d'un plus grand nombre d'éléments ; d'intégrer, dans son analyse de la problématique, des dimensions à la fois scientifiques et technologiques ; d'utiliser des outils, techniques, instruments et procédés complexes et abstraits ; de développer un jugement plus nuancé sur les résultats qu'il obtient et concevoir des outils, instruments et techniques plus élaborés ; d'utiliser le langage propre à la science et à la technologie ; d'interpréter et transmettre correctement de l'information scientifique et technologique plus complexe comprenant des facettes différentes. ([41], p. 151)

La démarche scientifique et celle du questionnement sont centrales et s'inscrivent dans la résolution de problèmes avec plusieurs approches proposées, dont l'observation, l'exploration, la manipulation et l'expérimentation, retrouvées sous la première compétence⁵ en S&T. Plusieurs des contenus abordent aussi des aspects « techniques » en tant qu'objets ou procédés et qui s'inscrivent sous le développement de la deuxième compétence⁶ en S&T. L'élève « sait faire la distinction entre le monde naturel et les objets fabriqués ». Toutefois, il n'y a pas de technique spécifique pour étudier le vivant, hormis la collecte de données qui s'insère plutôt en tant que méthode de travail. L'élevage ou la dissection, en tant que techniques d'approches du vivant, ne sont pas évoqués. Les prescriptions sur l'utilisation de divers « outils et procédés scientifiques ou technologiques » (tracer des plans, mesurer, expérimenter, recueillir des données, etc.) ([41], p. 152) se retrouvent sous l'univers matériel et non pas sous l'univers vivant.

⁵ Compétence 1 en science et technologie au primaire « Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique » (MELS, 2006).

⁶ Compétence 2 en science et technologie au primaire « Mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie » (MELS, 2006).

4.2.2 Secondaire 1^{er} et 2^e cycle

C'est en grande partie autour de la première compétence visée dans le programme de S&T, « Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique » que les éléments du programme entourant l'objet de notre analyse s'articulent.

Au 1^{er} cycle du secondaire, la démarche d'investigation est privilégiée : « Axée sur le questionnement, l'exploration, l'observation systématique et l'expérimentation, la démarche d'investigation vise à expliquer des phénomènes » ([42], p. 275). Comme au primaire, la démarche expérimentale implique des étapes (par exemple, exploration, observation, manipulation, expérimentation), les prescriptions étant d'ordre général et non pas inscrites spécifiquement pour l'étude du vivant. L'élevage ou la dissection, en tant que techniques d'approches du vivant, ne sont pas mentionnés.

Par ailleurs, au 1^{er} cycle et à la 1^{re} année du 2^e cycle du secondaire, les aspects relatifs au vivant s'inscrivent sous le thème de l'humain en tant qu'organisme vivant, sous lesquels les concepts prescrits « visent une meilleure compréhension du milieu de vie et une plus grande capacité d'agir sur lui » ([43], p. 42). En 3^e année du secondaire, l'élève est appelé à développer une compréhension des technologies appliquées aux vivants (la pasteurisation, la vaccination, la procréation assistée, la culture cellulaire ou les OGM, par exemple). Au 2^e cycle du secondaire, l'accent est mis sur les pratiques scientifiques et surtout sur les aspects techniques, sans convoquer nécessairement d'approches ou d'outils spécifiques au vivant.

En ce qui concerne les pratiques scientifiques, l'expérimentation est la plus présente. Elle est employée dans le contexte d'activités à réaliser en collaboration avec les pairs, dans lesquelles on intégrera l'exploitation des technologies de l'information et de la communication. Le programme cherche à ce que les élèves fassent appel à une démarche expérimentale pour résoudre des problèmes en situation d'apprentissage et d'évaluation. Ils sont invités à connaître plusieurs démarches (modélisation, observation, expérimentale, empirique, de construction d'opinion et celles technologiques de conception et d'analyse). La démarche expérimentale y est décrite comme celle qui implique la formulation d'explications, permettant d'amorcer une tentative de réponse et de définir le cadre dans lequel se fera l'expérimentation ([43], p. 25). Les interactions entre les diverses phases de la démarche expérimentale devraient permettre de « soulever de nouveaux questionnements, de formuler de nouvelles hypothèses, d'apporter des ajustements à sa mise en œuvre et de prendre en compte les limites de l'expérimentation » ([43], p. 25). La première compétence est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies au moyen de démarches, et tient compte aussi de la manipulation, qui occupe une place centrale ([43], p. 3). Il s'agit de manipulations en laboratoire et en atelier pour lesquelles les élèves doivent respecter des directives, des 'règles de sécurité' ([43], p. 9) et 'travailler avec rigueur' ([43], p. 13). Les manipulations génétiques sont explicitement citées ([43], p. 45). Les démarches et l'observation prennent une place de choix. La science est définie comme étant « constituée d'un ensemble de théories, de connaissances, d'observations et de démarches, elle se caractérise notamment par la recherche de modèles intelligibles, les plus simples possible, pour rendre compte de la complexité du monde » ([43], p. 1). La démarche d'observation sera explicitement ajoutée au 2^e cycle. Elle inclut la démarche de modélisation et celle empirique qui constituent des ressources pour l'élève qui pourra en « tirer profit pour comprendre des principes scientifiques » ([43], p. 16). D'autres démarches sont présentées, soit celles de construction d'opinion et celle technologique de conception et d'analyse.

Les démarches constituent des ressources pour le développement des compétences visant l'appropriation de concepts et de stratégies de solution de problèmes d'ordre scientifique et technique. L'observation, comprise comme partie de la démarche, elle représente une ressource à mobiliser et à construire de la part des élèves. Les élèves apprennent à consigner les observations, à recueillir des données en notant des observations pouvant être utiles ultérieurement. Cette démarche est considérée comme un processus actif permettant « d'interpréter des faits selon des critères déterminés par l'observateur ainsi que par ce qui fait consensus dans un cadre disciplinaire donné » ([43], p. 25). Les élèves doivent arriver à une nouvelle compréhension des faits, qui sera considérée comme « tributaire du contexte dans lequel s'effectue l'observation » et reposant sur l'établissement d'un modèle

théorique provenant de la personne qui observe ([43], p. 25). Quant à la démarche expérimentale, elle est comprise comme celle qui permet de suivre un protocole faisant « émerger des éléments observables ou quantifiables, de les mettre en relation et de les confronter aux hypothèses » ([43], p. 25).

Le terme d'exploration et le verbe 'explorer' sont très présents au 2^e cycle du secondaire. Ils sont liés au 'désir d'explorer', au plaisir d'expérimenter et de découvrir, et à la démarche expérimentale qui permet l'exploration et la représentation des éléments d'un problème ([43], p. 26). L'exploration concerne aussi celle de concepts utiles à la résolution de problèmes, de la recherche de stratégies et la proposition de diverses pistes de solution. La technologie est conçue comme « un champ extrêmement fécond d'exploration et de questionnement qui relance la théorisation » ([43] p. 2).

En ce qui concerne les techniques d'approches du vivant, la collecte d'échantillons et de données n'est mentionnée qu'au passage, sans la considérer comme essentielle dans l'apprentissage des sciences du vivant. Les mots autour de « culture » sont employés dans le sens de cultures de tissus, cultures cellulaires ainsi que l'étude des milieux de culture. Dans le volet de l'Univers technologique (et non pas dans celui du vivant) du programme de la 1^{re} année du 2^e cycle du secondaire, c'est sous le thème de la biotechnologie que sont abordés des aspects touchant la culture cellulaire. L'étude de la cellule « doit inclure le cas des cellules cultivées et toucher la façon de les obtenir, leur croissance, leur comportement et leur conservation » ([43], p. 44). Cette étude de la cellule et des cultures cellulaires s'inscrit dans un souci d'intégration de la réflexion éthique : « L'espoir, mais aussi les craintes que suscitent les avancées spectaculaires de la biotechnologie commandent qu'on s'en préoccupe. L'étude des éléments de contenu en cause doit donc englober à la fois les aspects conceptuels, éthiques et pratiques, notamment les procédés auxquels il faudra accorder une grande place » ([43], p. 44). Dans le programme ATS, la cellule vivante et ses composantes (membrane cellulaire, noyau, chromosomes et gènes), sont inscrites comme étant l'une des formes de « matériaux » liés au domaine de la biotechnologie et de ses récents développements (cf. [43], p. 36).

En ce qui a trait à l'utilisation d'outils, le mot « technique » domine. Il est employé dans le contexte de la nomination d'objet technique défini comme objet fabriqué par opposition à l'objet naturel. Assimilé également au mot stratégie, il s'agit de ressources, au même titre que les démarches, pour le développement des compétences. Elles peuvent inclure, par exemple, l'utilisation d'échelles, la représentation graphique à l'aide d'instruments (projection orthogonale à vues multiples, isométrie, perspective), la schématisation. Le verbe identifier au sens de 'mettre en relation avec un modèle', sera utilisé en biotechnologie, dans le contexte de la compréhension de la fonction du vaccin ([43], p. 44).

5 Discussion

En comparant les données de notre analyse des programmes français et québécois, des objectifs et des tendances communs apparaissent, ainsi que des nuances et des particularités. Pour commencer la discussion sous ce regard croisé, nous relevons que dans le contenu des programmes de la France et du Québec, dès la maternelle ou préscolaire et au primaire, l'accent est mis de façon similaire sur l'éveil à la curiosité de l'élève et sur l'observation des manifestations de la vie. Cela peut être un indicateur d'une approche pédagogique ouverte, non guidée par un regard didactique disciplinaire plus caractéristique des premières années scolaires. Les pratiques scientifiques suggérées dans les deux programmes sont similaires. Les élèves font une expérience plutôt « physique » du vivant et des objets, en manipulant, en observant, en construisant leurs représentations. Progressivement, le programme cherche à ce que les élèves s'initient à des modes d'observation, de manipulation, de questionnement et de raisonnement logique.

Globalement, une progression dans l'utilisation des méthodes pour l'étude du vivant apparaît dans les deux programmes. Celle-ci semble plus sensible au Québec où une gradation dans l'acquisition de compétences est manifeste du préscolaire jusqu'à la fin du secondaire. En France, une progressivité est toutefois remarquée : à l'école primaire, l'élève est « en découverte », l'enseignant est 'maître du jeu' ; au collège, c'est l'élève qui l'est. Par contre, du collège au lycée, on ne remarque pas de

progression, mais plutôt une continuité selon laquelle les capacités et attitudes à développer doivent être maîtrisées en Terminale.

Au primaire, le terme de démarche d'investigation, avec une progressivité dans l'investissement attendu de l'élève allant de la curiosité à la mise à l'essai de plusieurs pistes de solution, est annoncé en France. Au Québec, on parle de démarche scientifique avec une progressivité similaire. Le terme de raisonnement et l'idée de jeux d'expérimentation sont introduits. La planification du travail de l'élève et l'intégration, dans son analyse de la problématique, des dimensions à la fois scientifiques et technologiques expriment des attentes un peu différentes. Au collège (en France) et au secondaire 1^{er} cycle (au Québec), on retrouve la démarche scientifique et celle expérimentale, mais d'autres démarches ou d'autres façons de nommer les démarches apparaissent également. En France, on parle d'investigation, de projet, de résolution de problème et d'observation ; au Québec, de modélisation, d'observation empirique et de construction d'opinion. Au lycée (en France) et au 2^e cycle du secondaire (au Québec), la démarche dite d'investigation ou scientifique reste fondamentale avec une volonté d'engager les élèves dans l'expérience avec un protocole conçu à plusieurs en laboratoire dès que les conditions en classe le rendent possible aux enseignants. La notion de modèle à construire est présente dans les deux programmes sans explication précise. En France, cependant, on remarque que la place de l'expérience (souvent assistée par ordinateur) diminue de la seconde à la terminale et que la manipulation ou l'exploration sont peu évoquées. La démarche historique est proposée à de nombreuses reprises et l'intervention de plusieurs disciplines est sous-jacente à l'idée de proposer des situations complexes. Au Québec, les activités de manipulation en laboratoire dans le cadre de la démarche expérimentale sont très valorisées, de même que la démarche d'observation (absente en France). La description de cette dernière démarche est l'occasion de mettre l'accent sur la sensibilisation des élèves à la relativité des résultats qui dépendent du contexte d'observation et des choix de l'observateur.

En ce qui concerne les activités proposées pour approcher le vivant, en France, les élevages et les plantations sont proposés dès le primaire. Des techniques d'approche du vivant sont également explicitées : observation d'organismes vivants, collecte de matériel sur le terrain pour les étudier en classe, élevages ou cultures en classe ou au sein d'un 'espace nature', dissections végétale et animale. Cela n'est pas le cas au Québec, où on ne propose pas explicitement de techniques d'approches du vivant. Par contre, plusieurs contenus abordent des aspects techniques en tant qu'objets techniques ou procédés fixant l'objectif de distinguer le monde naturel et les objets fabriqués. L'exploration est plus convoquée dans les programmes du Québec et, plus particulièrement, celle en provenance du quotidien qui est valorisée.

Une différence importante dans les deux programmes concerne l'introduction des biotechnologies. En effet, en France seules les sections technologiques les évoquent avec les techniques qui s'y rattachent, alors qu'au Québec, elles apparaissent systématiquement avec, de plus, le souci d'introduire la réflexion éthique et pratique.

Il nous semble que les programmes actuels, autant en France qu'au Québec, reflètent une prise en charge de la réflexion posée au niveau international d'offrir une image plus diversifiée des démarches scientifiques dans un cadre dans lequel les finalités de l'enseignement des sciences et technologies et le rôle des activités expérimentales est appelé à se rénover. L'enseignement des sciences fondé sur une démarche d'enseignement qui se réfère à des démarches scientifiques chercherait à la fois une meilleure compréhension du fonctionnement des sciences et un apprentissage plus approfondi des connaissances scientifiques chez les élèves. Dans cette veine, le terme « démarche d'investigation » est introduit dans les deux programmes. Employé en France depuis l'introduction du projet « La main à la pâte » proposé par Charpak (Charpak, Léna & Quéré, 2005 [44]), il a été repris dans l'enseignement primaire puis, plus récemment, dans l'enseignement secondaire. Il fait partie prenante de la réforme souhaitée au niveau international dans l'enseignement des sciences pour l'introduction de l'investigation scientifique (*inquiry*) qui est recommandée dans le but de développer un raisonnement scientifique (Boilevin, 2013 [45]). La vision linéaire d'une démarche scientifique qui se limiterait à une procédure, une succession d'étapes à suivre, sans allers-retours, cherche à s'ouvrir en proposant des nouvelles approches.

Ces différentes démarches proposées semblent se situer dans le dépassement souhaité du modèle transmissif des connaissances plus traditionnel en cherchant la construction du savoir de l'élève par l'expérimentation. En énonçant plusieurs démarches possibles parmi lesquelles l'élève est invité à se questionner et à proposer des solutions qui lui semblent plus appropriées dans la résolution d'une situation-problème, le programme soutient la considération que celui-ci est « actif dans ses apprentissages ». Cette idée rejoint celle de former les élèves à une certaine autonomie vis-à-vis de la compréhension de principes scientifiques en laissant plus de place aux « ressources » tant pour la France que le Québec. C'est donc l'élève qui doit se poser des questions, résoudre des problèmes, trouver des solutions en employant différentes ressources et actions (manipulations, expérimentation, observation, entre autres). On ne sollicite plus l'élève – dans le discours des programmes – uniquement en leur demandant par exemple de relever des valeurs de mesure en employant un outil technique spécifique, mais en les amenant plutôt à proposer le protocole, à planifier la démarche et les expériences.

Par ailleurs, du point de vue de l'épistémologie de la biologie, nous avons relevé, pour les programmes français et québécois, un ancrage commun cohérent avec l'ancienne distinction entre vivant et non-vivant attribuée à Aristote [46]. Au primaire, au Québec, la distinction entre « monde naturel » et « objets fabriqués » est explicitée et suit son cours au secondaire. En France la distinction est faite à l'école dès la maternelle entre les objets, la matière et le vivant, et la vie est caractérisée par ses manifestations. Toutefois, les limites floues de la définition de vivant et non-vivant se manifestent dans les programmes du Québec et de la France dès que le vivant est traité sous l'angle des formations techniques en biotechnologie. Cette distinction est importante puisqu'on peut penser que les représentations que les élèves construisent à propos du vivant seront distinctes selon la classification à laquelle on le fait appartenir, de même que les façons d'approcher (techniquement) le vivant seront différentes selon si on le considère comme un « matériau » ou « un organisme ».

La construction d'un rapport aux vivants semble plus spécifique au programme du primaire en France, avec de multiples formes de rencontres d'animaux et de plantes, des élevages et des dissections. Au collège, ces activités perdurent avec une autre préoccupation, celle de la responsabilité qui accompagne l'introduction de l'histoire des sciences et d'un certain nombre de techniques (reproduction, vaccination et préservation de la santé). Au lycée c'est la responsabilité individuelle et sociale qui est convoquée. Davantage de préoccupations techniques seraient caractéristiques du programme au Québec et sont explicites au secondaire. Paradoxalement, la partie dans laquelle le programme québécois soulève l'importance d'intégrer l'éthique aux aspects conceptuels et pratiques se situe à la suite du glissement de la place du vivant vers la rubrique des matériaux de l'univers technologique. Dans les programmes français, on ne trouve pas de mention à l'éthique. Malgré l'intention d'intégration de certains enjeux dans les savoirs scientifiques dans le programme du secondaire au Québec, elle reste timide.

En ce qui concerne le décloisonnement des sciences, l'effort vers celui-ci est manifeste dans le programme québécois qui regroupe les contenus disciplinaires scientifiques (astronomie, biologie, chimie, géologie et physique) et inscrivant dans le grand domaine de la mathématique, de la science et de la technologie (Barma, 2007 [47] ; MELS, 2006 [42, 43]). En France, le poids des disciplines semble plus marquant. Toutefois, la réflexion et l'exploration de nouvelles formes d'enseignement au collège sous un pôle science et technologie incluant les mathématiques ont été entreprises dans le sillage du renouveau scientifique proposé au primaire par le projet « La main à la pâte » (Coquidé, Fortin & Lasson, 2013 [48]). L'initiative EIST (enseignement intégré de science et technologie), au collège, s'inscrit dans la logique du Socle commun de compétences et de connaissances et intégrerait trois disciplines : sciences de la vie et de la terre (qui intègrent géologie, géographie et biologie), physique-chimie et technologie. Dans les deux pays, les enjeux des approches d'enseignement par voie disciplinaire versus celles d'enseignement par projets interdisciplinaires soulèvent des questions et des tensions entre les groupes soutenant l'une ou l'autre posture.

Dans un autre ordre d'idée, on note l'intégration de l'informatique et de différents appareils de mesure indiqués dans les deux pays à partir du secondaire. Par contre, la question de la place de l'erreur, du tâtonnement ou de la réalisation d'essais successifs infructueux ne se trouve que dans les

programmes du primaire et du secondaire du Québec. Il s'agit là d'une dimension reconnue comme positive autant du point de vue de la construction des savoirs scientifiques que dans l'apprentissage en général (Astolfi, 2009 [49]). De même des termes tels que manipuler, tester, expérimenter, sont utilisés comme si leur sens était univoque et partagé de tous. Par ailleurs, l'usage de vidéos ou d'images, tel que le préconisent plusieurs auteurs (Gouanelle & Schneeberger, 1996 [26] ; Monod-Ansaldi Réjane & Prieur Michèle, 2011 [50]), ne sont pas introduites.

6 Conclusion et perspectives

De notre analyse comparative, nous pouvons conclure que les programmes de la France et du Québec reflètent une évolution comparable des activités expérimentales suggérées au cours de la scolarité. Les programmes des deux pays accordent une grande importance à la démarche scientifique. Si cette prévalence demeure, elle se décline de diverses façons; à la démarche expérimentale s'ajoutent d'autres, nommées d'investigation, de projet, de résolution de problème, d'observation et, au Québec, celle de construction d'opinion. Les tâches proposées visent à donner de l'autonomie aux élèves au travers notamment l'utilisation de certains outils, l'appropriation de certaines techniques.

De manière plus au moins implicite, une certaine tendance vers un modèle socioconstructiviste de l'enseignement, qui octroie à l'élève une part active dans son apprentissage sans négliger le contexte social dans lequel il se développe. Dans le programme français, on trouve implicitement ce modèle socioconstructiviste lorsqu'il stipule l'intérêt de situer dans le temps les découvertes scientifiques, et au Québec c'est l'intérêt pour situer les repères culturels dans le contexte des savoirs scientifiques qui est souligné, ce qui peut refléter un souci d'ancrer les savoirs dans leur contexte de production. Toutefois, le terme de « découverte » implique une vision des sciences empiriste opposée à ce modèle. Dans le programme québécois, ce modèle socioconstructiviste est manifeste lorsqu'il considère l'observation comme une ressource tributaire du contexte dans lequel elle s'effectue et habitée par le modèle théorique de la personne qui observe. Il peut également s'inférer, jusqu'à un certain point, dans l'intérêt porté à ce que les élèves explorent leur milieu et le souci de proposer des situations puisées de leur quotidien afin qu'ils donnent sens à leurs apprentissages. Le souci d'une intégration de la démarche éthique dans le programme du secondaire au Québec (absent en France) est également une trace du modèle socioconstructiviste, qui reste timide. Une posture épistémologique qui avancerait davantage sur l'intégration des enjeux économiques, politiques, sociaux ou culturels, considérés parties prenantes de la construction des savoirs scientifiques, telle que préconisée entre autres par Fourez (1985) [51], reste, selon nous, à prendre.

Par ailleurs, l'omission relevée de certains termes trouvés dans les programmes, tels ceux de travail collaboratif en France ou celui de dissection et élevage au Québec, ne peut être concluante. En effet, si ces mots ne se retrouvent pas dans les programmes, les pratiques en classe peuvent intégrer ces aspects (dell'Angelo, Simard & Samson [52]). Cela pointe une des limites de l'analyse du curriculum prescrit qui n'inclut pas les enseignants et les élèves qui font le curriculum réel, comme le soulève Martinand (2012) [9].

Les nouvelles tendances, manifestes dans les programmes France-Québec, font appel à des modifications dans les activités et stratégies pédagogiques en classe pour lesquelles une formation des enseignants, appelés à adapter leur enseignement aux nouvelles approches, est attendue. D'où l'intérêt de poursuivre ce travail en interrogeant les pratiques enseignantes par le biais de recherches qualitatives. Nous envisageons donc la mise en œuvre d'entrevues de groupe auprès d'enseignants et enseignantes et des observations en classe qui permettrait de contraster le programme prescrit avec le programme « produit », ou plutôt « co-produit » (enseignants et apprenants) aboutissant à l'étude du « curriculum potentiel », celui qui découle de la mise en œuvre du programme compte tenu des interactions avec les élèves et des conditions de travail des enseignants [9]. L'étude des pratiques enseignantes permettrait aussi d'approcher sous un autre angle les enjeux socioéthiques dans l'enseignement de la biologie et d'examiner la façon dont ils sont pris en considération par les enseignants et enseignantes.

Références

1. H. Atlan, P. Jouannet, R. Ogien, Interdire le clonage reproductif?, *La Recherche*, **12**, 12-16 (2003).
2. M. Somerville, *Le canari éthique* (Liber, Montréal, 2003).
3. J.-P. Berlan, Les cloneurs, *Écologie & Politique*, **31**(2), 59-70 (2005).
4. J. Désautels, M. Laroche, Le programme d'études à l'heure du constructivisme et du socioconstructivisme. Quelques réflexions, In P. Jonnaert & A. M'Batika (dir.), *Les réformes curriculaires* (p. 49-67) (Presses de l'Université du Québec, Québec, 2004).
5. C. Lessard, Les politiques éducatives actuelles et leurs effets sur le travail enseignant : un point de vue nord-américain, In R. Malet (dir.), *École, médiations et réformes curriculaires. Perspectives internationales* (p. 161-178) (De Boeck, Bruxelles, 2010).
6. M.C. Bernard, S. de Montgolfier, C. Simard, M. dell'Angelo, Formation à la citoyenneté du préscolaire au secondaire : regards croisés sur les programmes français et québécois sur les enjeux entourant le vivant, *Actes du colloque international « Les questions vives en éducation et formation : regards croisés France-Canada »* (CREN, 2013).
7. S. de Montgolfier, M.C. Bernard, M. dell'Angelo, C. Simard, Quelles représentations du vivant dans les programmes scolaires : une comparaison France – Québec, *Communication au colloque international « Le vivant comme histoire : génération, régénération, émergences. Où en sommes-nous de notre relation au vivant ? »* (CNAM, 2015).
8. S. de Montgolfier, M. dell'Angelo, C. Simard, M.C. Bernard, Éthique et enseignement des sciences du vivant : regard sur les programmes France et Québec, In M.C. Bernard, A. Savard & C. Beaucher, (dir.), *Le rapport aux savoirs : clé pour analyser les épistémologies enseignantes et les pratiques de classe* (120-134) (Livres en ligne du CRIRES. En ligne http://lel.crires.ulaval.ca/public/le_rapport_aux_savoirs.pdf, 2014).
9. J.-L. Martinand, Éducation au Développement durable et didactiques du curriculum, *Conférence au XIXe Colloque AFIRSE*, Lisbonne (2012).
10. Rapport Inchauspé. *Réaffirmer l'école*, Rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum (Ministère de l'Éducation, Québec, 1997).
11. G. Aikenhead, *Science education for everyday life* (Teachers College Press, New York, 2006).
12. G. Fourez, Le mouvement Sciences, Technologies et Société (STS) et l'enseignement des sciences, *Perspectives*, **25**(1), 27-41 (1995).
13. E. Pedretti, J. Nazir, Currents in STSE education : Mapping a complex field, 40 years on, *Science Education*, **95**(4), 601-626 (2011).
14. T.D. Sadler, A. Amirshokoohi, M. Kazempour, K.M. Allspaw, Socioscience and ethics in science classrooms : Teacher perspectives and strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, **43**(4), 353-376 (2006).
15. M. Callon, Ni intellectuel engagé, ni intellectuel dégaïé : la double stratégie de l'attachement et du détachement, *Sociologie du travail*, **41**, 65-78 (1999).
16. D. Hodson, Time for action : Science education for an alternative future, *International Journal of Science Education*, **25**(6), 645-670 (2003).
17. V. Albe, *Enseigner des controverses* (Presses universitaires de Rennes, Rennes, 2009).
18. L. Bencze, S. Alsop, *Activist science and technology education* (Springer Science, Dordrecht, 2014).
19. L. Simonneaux, From promoting the techno-sciences to activism – A variety of objectives involved in the teaching of SSIs, In L. Bencze & S. Alsop (Eds.) *Activist science and technology education* (p. 99-111) (Springer Science, Dordrecht, 2014).
20. M. Coquidé, Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles, *Aster*, **26**, 109-132 (1998).
21. M. Coquidé, Les enseignants face aux expériences scientifiques, In J-P, Astolfi (éd.), *Éducation, enseignement, nouvelles questions, nouveaux métiers* (pp. 153- 180) (ESF, Paris, 2003).
22. M. dell'Angelo – Sauvage, *De l'école au collège, le rapport au vivant d'élèves de 10 – 12 ans. En quoi les enseignements de SVT en sixième font-ils évoluer le rapport au vivant des élèves ?*

- Thèse de sciences de l'éducation et didactique des sciences, Cachan : ENS. (2007). <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00268883>
23. O. Dargent, G. Dargent, M. dell'Angelo, La relation au vivant pour des élèves de lycée, *APBG*, **1**, 123 – 129 (2006).
 24. V. Darnet, Les dissections au collège, *APBG*, **4**, 685 – 690 (2003).
 25. J.-P. Astolfi, Y. Ginsburger-Vogel, B. Peterfalvi, Aspects de la schématisation en didactique des sciences, *Bulletin de psychologie*, **XLI**, 386, 696-700 (1988).
 26. C. Gouanelle, P. Schneeberger, Utilisation de schéma dans l'apprentissage de la biologie : la reproduction humaine, *Aster*, **22**, 57-86 (1996).
 27. J.M. Drouin, Un succès récent. Histoire du concept d'écosystème, In A. Giordan (éd.), *Histoire de la biologie*. Tome 1 (pp. 199-243) (Lavoisier, Paris, 1987).
 28. G. Ducancel, J. Pochon, Schémas, langage et acquisition de connaissances en classe de sciences (cours moyen 2), *Repères*, **7**, 71-101 (1993).
 29. J.-L. Martinand, *Modélisation*, Fournit aux doctorants de l'UMR STEF, ENS Cachan. <http://www.stef.ens-cachan.fr/rech/materiel.htm> (2002).
 30. V. Host, Systèmes et modèles : quelques repères bibliographiques, *Aster*, **8**, 187-209 (1989).
 31. M. Coquidé, Un schéma dynamique de modélisation pour l'éducation scientifique : fécondité théorique, problématisation formatrice, *AFIRSE*, Bordeaux (2008).
 32. M. dell'Angelo, Éléments de caractérisation du rapport au vivant d'élèves de 10 – 12 ans, *Didaskalia*, **33**, 7-32 (2008).
 33. C. Leray, *L'analyse de contenu. De la théorie à la pratique* (Presses de l'Université du Québec, Québec, 2008).
 34. Ministère de l'Éducation Nationale, Programmes d'enseignement de l'école primaire, *B.O. hors-série n° 3* du 19 juin 2008.
 35. Ministère de l'Éducation Nationale, Programmes des collèges. Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre, *B.O. spécial n° 6* du 28 août 2008.
 36. Ministère de l'Éducation Nationale, Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde générale et technologique, *B.O. spécial n° 4* du 29 avril 2010.
 37. Ministère de l'Éducation Nationale, Programme d'enseignement de biotechnologies Classe terminale de la série technologique STL, *B.O. spécial n° 8* du 13 octobre 2011.
 38. Ministère de l'Éducation Nationale, Programme de Chimie, biochimie, sciences du vivant en classe de 1re de la série STL, *B.O. spécial n°3* du 17 mars 2011.
 39. Ministère de l'Éducation Nationale, Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de Première de la série scientifique, *B.O. n° 9* du 30 septembre 2010.
 40. Ministère de l'Éducation Nationale, Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de SVT Classe terminale de la série scientifique, *B.O. spécial n° 8* du 13 octobre 2011.
 41. Ministère de l'Éducation, *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire Enseignement primaire* (Gouvernement du Québec, 2006).
 42. Ministère de l'Éducation, *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, premier cycle, Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie – Science et technologie* (Gouvernement du Québec, 2006).
 43. Ministère de l'Éducation, *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, deuxième cycle. Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie – Science et technologie* (Gouvernement du Québec, 2006).
 44. G. Charpak, P. Léna, Y. Quéré, *L'enfant et la science. L'aventure de la Main à la pâte* (Odile Jacob, Paris, 2005).
 45. J.-M. Boilevin, La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences, In M. Grangeat (dir), *Les enseignants face aux démarches d'investigation* (p. 23-44) (Presses universitaires de Grenoble, Grenoble, 2013).

46. Voir M.-H. Parizeau, Comment la biologie répond-elle à la questions : qu'est-ce que la vie ? dans La « vie » et le « vivant » : de nouveaux défis à relever dans l'éducation cet ouvrage. SHS Web of conferences, 2015 (cet ouvrage)
47. S. Barma, Point de vue sur le nouveau programme 'science et technologie' du secondaire au Québec : regards croisés sur les enjeux de part et d'autre de l'Atlantique, *Didaskalia*, **30**, 109-137 (2007).
48. M. Coquidé, C. Fortin, C. Lasson, D'un curriculum auto-prescrit à des curriculums co-produits. Le cas de l'enseignement integere de science et technologie au collège, *Spirale*, **52**, 9-33 (2013).
49. J.-P. Astolfi, *L'erreur, un outil pour enseigner* (ESF, Paris, 2009).
50. R. Monod-Ansaldi, M. Prieur (Coord), *Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie*, Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon, <http://ife.ens-lyon.fr/ife/ressources-et-services/ocep/dispositifs/DI/rapport-DI/> (2011).
51. G. Fourez, *Pour une éthique de l'enseignement des sciences* (Vie Ouvrière, Bruxelles, 1985).
52. M. dell'Angelo, C. Simard, G. Samson, Enseignement relatifs au vivant: regards sur les missions des enseignants en France et au Québec, *Esprit critique* (à paraître).

