

La formation à l'interdisciplinarité en sciences, technologies et mathématiques dans le cadre d'une recherche participative.

Compte-rendu d'une expérience québécoise

Résumé : La communication présente une expérience d'accompagnement d'enseignants de sciences et technologies et de mathématiques au Québec, dans le cadre d'une recherche participative, pour planifier et enseigner en faisant appel à l'interdisciplinarité. À la suite du rappel du contexte curriculaire québécois, nous présentons le cadre conceptuel mobilisé (celui de l'interdisciplinarité scolaire) et le déroulement de l'accompagnement dans le cadre de la recherche participative. Nous terminons par un retour sur les principaux constats (apports et défis) qui découlent de cette expérience.

Mots-clés : interdisciplinarité scolaire, recherche participative, communauté d'apprentissage, interdisciplinarité curriculaire.

1. Introduction et contexte

Dans le contexte scolaire, l'appel au décloisonnement disciplinaire, en général, et à l'interdisciplinarité, en particulier, s'appuie sur divers fondements psychopédagogique, sociologique et épistémologique, entre autres (Hasni et al., 2012) : sur le plan psychopédagogique, des auteurs soutiennent que l'interdisciplinarité, en faisant appel à des problèmes contextualisés, favorise la motivation et l'intérêt des apprenants pour les disciplines scientifiques et répond à la diversité psychologique des élèves ; pour les fondateurs de la Nouvelle sociologie de l'éducation et d'autres spécialistes du curriculum, les curriculums interdisciplinaire (ou intégrés) constituent un levier pour une éducation démocratique et moins élitiste, contrairement aux curriculums cloisonnés ; sur le plan épistémologique, Fourez (1997), par exemple, en faisant appel au concept d'îlot de rationalité interdisciplinaire, soutient que l'interdisciplinarité permet de construire une compréhension de problématiques complexes en mobilisant des savoirs issus de différentes disciplines.

Au cours des dernières décennies, de nombreux pays ont fait de l'interdisciplinarité une des orientations structurant les curriculums. C'est le cas des États-Unis, du Canada, du Royaume Uni et de l'Australie où le courant *Science, technology, engineering and mathematics* (STEM) vise un enseignement intégré des disciplines scientifiques. Au Québec, cette préoccupation s'exprime de différentes manières dans le curriculum. Il s'agit notamment de l'introduction de composantes non disciplinaires qui doivent être prises en charge de manière concertée par les différentes disciplines et par les différents acteurs scolaires, en faisant appel, entre autres, à des projets interdisciplinaires : les compétences transversales et les *Domaines généraux de formation*. L'autre changement important qui a accompagné le récent curriculum est le remplacement des programmes disciplinaires par les « domaines d'apprentissage », dont le « domaine de la mathématique, de la science et de la technologie » (MS&T). Ce regroupement des disciplines par domaines représente, pour le ministère, un pas vers le décloisonnement en ce sens qu'il incite chaque enseignant à concevoir sa discipline comme une partie intégrante de la formation globale de l'élève véhiculée par le curriculum. Deux disciplines scolaires composent désormais ce domaine : a) la mathématique; b) la science et technologie (S&T). En outre, la discipline S&T regroupe, du primaire à la quatrième année du secondaire, des contenus en provenant de cinq champs scientifiques (astronomie, biologie, chimie, géologie, physique, technologie) et de la technologie. Avec ces changements, les enseignants de sciences qui prenaient en charge des

disciplines particulières doivent enseigner, de manière intégrée, des contenus en provenance de ces cinq champs disciplinaires. Les enseignants de M prennent en charge des contenus de l'arithmétique et algèbre, de la probabilité et statistique et de la géométrie. Les enseignants de S&T et de M sont aussi invités à collaborer pour assurer la cohérence attendue du domaine MS&T. Ces orientations ont de grands impacts sur les pratiques d'enseignement et sur la formation des enseignants. À cet égard, Tytler et al. (2021) soulignent que « despite growing advocacy of interdisciplinary approaches to science, technology, engineering and mathematics (STEM), there are persistent concerns about the practical and principled epistemic bases on which this can be justified as a mainstream curricular practice. A major issue concerns the nature of interrelations between the STEM disciplines in interdisciplinary work » (p. 269). Une enquête réalisée par notre équipe auprès de 245 enseignants de S&T et de M (Hasni et al., 2012) montre que malgré l'adhésion de ces derniers à l'interdisciplinarité, ils ne se sentent pas outillés (conceptuellement et méthodologiquement) à la mettre en œuvre dans leurs classes. En effet, même si le recours à l'interdisciplinarité est fortement souhaité, la nature des liens à établir entre les disciplines n'est pas toujours évidente pour les acteurs scolaires. À ce propos, le développement de pratiques d'accompagnement visant la conceptualisation de l'approche s'avèrent nécessaire (ex. : Yang et al, 2018; You, 2017). C'est dans ce contexte que l'équipe du CREAS a entrepris des recherches participatives dont l'un des objectifs est celui d'accompagner les enseignants de S&T et de M dans la compréhension et la mise en œuvre de pratiques interdisciplinaires basées sur les fondements didactiques et sur les résultats de la recherche. Dans cette communication, nous présentons les fondements et le processus de cet accompagnement, tout en soulignant quelques apports et défis qui se dégagent de cette expérience.

2. Cadre conceptuel mobilisé : l'interdisciplinarité scolaire

Les analyses réalisées dès les années 1980, notamment aux États-Unis et au Québec (ex. : Lenoir et al., 2015), montrent que malgré les bonnes intentions des enseignants, le manque de conceptualisation de l'interdisciplinarité peut conduire à de nombreuses dérives dans la pratique : a) le “potpourri problem”, où plusieurs cours deviennent un simple échantillonnage de savoirs en provenance des plusieurs disciplines, avec un manque de visée commune claire, d'articulation et de contextualisation; b) Le “polarity problem”, où l'interdisciplinarité et la disciplinarité sont vues comme deux approches mutuellement exclusives; Le recours à l'interdisciplinarité est vu comme moyen d'exclure tout enseignement disciplinaire et toute référence aux disciplines scolaires; c) les relations de dominance (“relations hégémoniques”) entre les disciplines scolaires concernées, où l'enseignement s'appuie essentiellement sur la discipline reconnue comme la plus importante; le rôle des autres disciplines se résume à un pur prétexte pour poursuivre les objectifs de celle-ci; d) les pratiques de nature “pseudo-interdisciplinaire”, comme dans l'approche thématique où le thème retenu sert de prétexte et de seul fil conducteur à un enseignement cloisonné des disciplines scolaires retenues.

La conceptualisation que nous avons développée dans les travaux antérieurs (Hasni et al., 2012), en s'appuyant sur les travaux de l'éducation scientifique et mathématique (ex. : Fourez, 1997), et qui a été mobilisée dans le cadre du processus d'accompagnement des enseignants, se base sur des relations complémentaires entre les disciplines concernées (S&T et M) et sur l'identification explicite des contenus de ces disciplines visés par les processus d'enseignement-apprentissages. À cet égard la planification des séquences d'enseignement interdisciplinaire doit prendre en considération les deux questions suivantes.

1) Quels sont les contenus de chacune des disciplines visés par l'apprentissage dans la séquence interdisciplinaire ? Pour l'identification de ces contenus, nous avons adopté la distinction que certains

auteurs font entre les savoirs conceptuels et les savoirs procéduraux (ex. : Haug et Ødegaard, 2014), et qui renvoient, dans certains travaux francophones à la dynamique à établir entre le registre théorique et le registre empirique pour conceptualiser (et modéliser) le monde qui nous entoure (ex. : Martinand, 1996). Au niveau scolaire, les premiers (les savoirs conceptuels) renvoyant au *quoi* (concepts, modèles, théories, etc.), les seconds au *comment*, ce qui couvre dans les différents curricula les habiletés (intellectuelles, techniques, personnelles et sociales) et les démarches d'investigation scientifique et de résolution de problèmes mathématiques (les pratiques scientifiques, dans les récents standards étasuniens). Le but de cette distinction ne vise pas à réduire les disciplines scolaires à ces deux seules composantes. Elle est davantage motivée par des raisons pratiques, parce qu'elle rejoint les composantes des programmes des S&T et de M au Québec et, par conséquent, fait du sens pour les enseignants et peut servir de référence pour opérationnaliser l'interdisciplinarité. Par exemple, les programmes de S&T sont décrits à l'aide de deux composantes, à savoir, les trois compétences disciplinaires (dont celle renvoyant aux démarches d'investigation scientifiques) et les contenus conceptuels et les stratégies (habiletés intellectuelles, personnelles et techniques) ; le programme des mathématiques est structuré autour de deux principales composantes : trois compétences disciplinaires (dont la compétence « résoudre une situation-problème ») et des contenus (concepts et processus) d'arithmétique et algèbre, de probabilité et statistique et de géométrie. Toute tentative d'opérationnalisation de l'interdisciplinarité doit identifier clairement la nature des contenus en jeu en provenance de chacune des disciplines retenues.

2) Quel est le statut des contenus de chaque discipline dans la séquence interdisciplinaire considérée ? S'agit-il d'une nouvelle acquisition (construction) ou de la mobilisation d'un contenu préalablement acquis dans une discipline pour soutenir une nouvelle acquisition dans l'autre discipline ? Même si la mobilisation est une pratique courante, c'est la nouvelle acquisition de contenus de chacune des disciplines considérées qui pose plus de défis. Notons cependant que, dans un cas comme l'autre, ces contenus et les stratégies de leur acquisition doivent être identifiés de manière explicite. En effet, le fait d'apprendre les sciences en français ou de recourir à la modélisation mathématique en physique ne constitue pas nécessairement des pratiques interdisciplinaires.

Les réponses aux deux questions précédentes permettent de décrire différents cas de figure et degrés de l'interdisciplinarité (Hasni et al., 2012). À titre d'exemple, pour prendre des cas illustratifs simples, dans un cours portant sur le concept de fécondation et son rôle dans la transmission des caractères héréditaires, les enseignants peuvent soit mobiliser le concept de probabilité préalablement acquis en M ou viser son appropriation en même temps que le contenu de S&T (s'approprier le concept de probabilité en même temps que le contenu de S&T). Inversement, on peut partir des mathématiques et décider de faire apprendre le concept de probabilité en l'illustrant à l'aide d'un contexte de S&T (la fécondation et la transmission des caractères héréditaires). Si cet exemple, permet d'illustrer les relations possibles entre les S&T et M en considérant des contenus conceptuels, d'autres situations peuvent mettre en relation en même temps les savoirs conceptuels et les savoirs procéduraux (habiletés et compétences en S&T et en M). Par exemple, l'étude des conditions optimales de développement des plantes pourrait amener les élèves à émettre des hypothèses sur les besoins nutritifs de celles-ci et à proposer un protocole expérimental permettant de vérifier chacune des hypothèses (chacune des variables); au terme de cet apprentissage les élèves pourraient conceptualiser le phénomène de photosynthèse (les plantes, en se servant de l'énergie lumineuse, utilisent la matière minérale pour produire – synthétiser – leur propre matière organique). Au cours de la mise en œuvre de cette situation interdisciplinaire, les élèves sont confrontés à divers problèmes mathématiques (mais aussi en chimie) dont, par exemple, la manière de préparer des concentrations variées de sels

minéraux (engrais chimiques). Outre le processus de résolution de problème associé à cette situation, les élèves sont amenés à acquérir diverses habiletés (identification de la nature de la relation fonctionnelle, construction de tableaux, représentations graphiques, etc.) et à s'approprier différents concepts (variables, caractère qualitatif ou quantitatif des données, relations fonctionnelles, etc.) en mathématiques, tout en ouvrant la possibilité à la modélisation mathématique de phénomènes scientifiques et technologiques. Même si le premier exemple (fécondation en S&T et probabilité en M) permet l'établissement de certains liens entre les M et les S&T, ces derniers restent limités. C'est le deuxième exemple (nutrition végétale) qui se rapproche davantage de l'interdisciplinarité au sens strict (Fourez, 1997). Les situations interdisciplinaires sont celles qui permettent de mobiliser des savoirs et des compétences de haut niveau pour explorer des réponses à des problématiques complexes qui ne peuvent être éclairées par une seule discipline ou par des apports disciplinaires cloisonnés (You et al., 2017). Dans cette perspective, chacune des disciplines apporte sa contribution et son éclairage et ne peut servir de simple prétexte. Autrement dit, dans des situations interdisciplinaires, les M ne peuvent servir d'un simple outil pour apprendre les S&T et ces dernières ne peuvent être considérées comme un simple contexte pour apprendre les mathématiques.

3. Processus d'accompagnement des enseignants

Le processus d'accompagnement des enseignants retenu fait appel à la recherche participative (Anadon, 2007) qui vise à rapprocher la recherche, la formation et la pratique, rapprochement devenu nécessaire dans le contexte actuel de la professionnalisation des enseignants qui appelle à fonder les pratiques et les formations sur des savoirs issus de la recherche. De manière spécifique, notre travail s'inspire du *design-based research* (ex. : Brown et Taylor), en ce sens qu'il s'appuie sur les principes suivants :

- Adopter une perspective de la relation entre la recherche et la pratique qui dépasse l'idée de transfert. Plusieurs travaux montrent que la disponibilité des résultats de la recherche (« vulgarisés » ou non) ou de ressources qui en découlent a peu d'impact sur les pratiques (ex. : Hepburn et Beamish, 2019). Ces travaux suggèrent le recours à des dispositifs de recherche et de mobilisation des savoirs qui engagent, côte à côte, les chercheurs et les acteurs scolaires et qui visent à comprendre les phénomènes éducatifs en prenant en considération le sens que leur donnent les acteurs.
- Mettre en place des dispositifs d'accompagnement qui conduisent les enseignants à développer des outils d'enseignement et qui soutiennent le travail réflexif de ces derniers (Shön, 1994), tout en inscrivant la réflexivité individuelle dans une démarche collective de développement professionnel.

Ces orientations nous ont conduits à privilégier d'organiser l'accompagnement dans le cadre de communauté d'apprentissage, regroupant, chaque année, 20 à 30 enseignants de S&T et de M, une dizaine de conseillers pédagogiques et une dizaine de chercheurs (des didacticiens de M et de S&T et des chercheurs des facultés de sciences et de génie). Le processus d'accompagnement et sa relation avec les recueils de données de la recherche sont résumés dans la figure 1. Six journées en moyenne, par année, sont réservées au travail en communauté. Notons que le présent texte ne vise pas à analyser les données de la recherche obtenues par les outils présentés dans la figure 1. Même si quelques données sont rapportées à titre illustratif, il met l'accent plutôt sur le processus d'accompagnement qui accompagne la recherche participative en vue de partager une réflexion sur les pratiques de formation à l'interdisciplinarité entre les S&T et les M au secondaire.

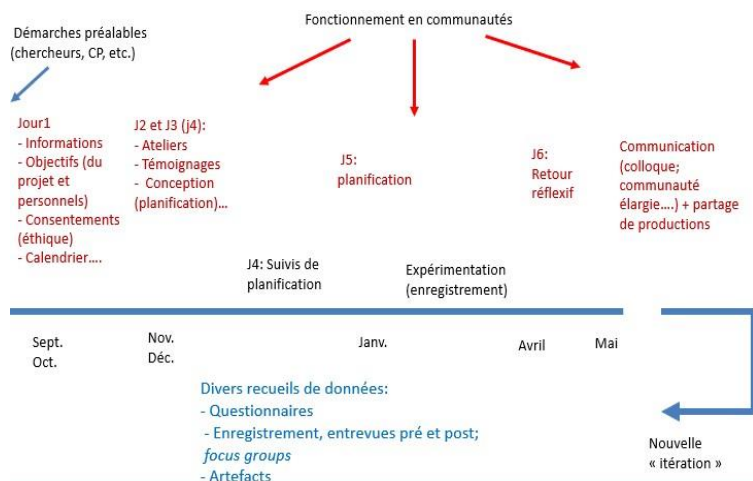


Figure 1. Déroulement-type d'une communauté dans le cadre de nos recherches collaboratives

1) La première rencontre (une journée : J1) est consacrée à la présentation du projet, des objectifs de recherche et d'accompagnement et du déroulement de l'ensemble du processus aux enseignants ayant manifesté leur intérêt de participer à la communauté

d'apprentissage. Les enseignants qui désirent poursuivre confirment leur acceptation et signent le consentement éthique. Soulignons que cette première journée est précédée par des rencontres préparatoires qui regroupent tous les chercheurs et les CP engagés dans le projet (préparation de la programmation annuelle, des outils de recherche et des ateliers, entre autres).

2) Dans le cadre du projet qui nous concerne ici, puisque les enseignants et les CP proviennent de plusieurs commissions scolaires, les trois journées (ou quatre) réservées aux ateliers et au démarrage des planifications des séquences d'enseignement (J2, J3 et J4) se déroulent dans un lieu qui offre les repas et l'hébergement afin de maximiser les échanges (formels et informels) et de minimiser le temps des déplacements. La programmation de ces journées commence par des ateliers préparés et animés conjointement par les didacticiens, les CP et les disciplinaires. L'approche d'accompagnement retenue dans ces ateliers ne repose pas sur la présentation préalable du cadre conceptuel de l'interdisciplinarité (et d'autres concepts didactiques qui lui sont associés), mais sur sa conceptualisation à partir de l'analyse de situations similaires à celles que les enseignants vivent dans leurs classes. Concrètement, des mises en situations simplifiées et scénarisées, émanant de l'analyse de pratiques observées antérieurement en classe (enregistrées), sont présentées aux enseignants en vue de susciter le débat et de les amener à exposer et à discuter de la conception qu'ils ont déjà de l'interdisciplinarité, individuellement et en petites équipes, d'abord, puis en grand groupe, ensuite. La discussion est encadrée par des questions préparées à l'avance par les formateurs (celles qui accompagnent la mise en situation de l'atelier) et enrichie par les questions et remarques émanant des enseignants. Ce n'est qu'à la phase de synthèse des débats que la conceptualisation retenue de l'interdisciplinarité est présentée aux enseignants, en reprenant certaines idées élaborées lors des discussions et en apportant des éclairages et des clarifications aux questions et désaccords exprimés.

3) À la suite des clarifications conceptuelles, un cahier des charges est construit avec les enseignants pour guider la préparation des planifications interdisciplinaires. L'idée n'est pas d'imposer un guide précis de planification, mais de s'entendre sur des éléments qui peuvent servir de repères pour l'analyse des planifications interdisciplinaires qui seront produites. Par exemple, il est question d'identifier de manière explicite les contenus de S&T et de M à faire apprendre aux élèves et le statut de ces contenus (construction ou mobilisation); de décrire clairement les tâches des enseignants et des élèves qui favoriseront les apprentissages visés; d'anticiper les difficultés potentielles des élèves et les modalités de leur faire face; de prévoir les ressources didactiques nécessaires; de décrire éventuellement les modalités de collaboration entre l'enseignant de S&T et l'enseignant des M lors des phases d'enseignement et d'évaluation; etc. Les contenus à retenir pour la planification sont choisis par les enseignants en fonction de la date d'expérimentation prévue en classe (février-avril).

Notre but étant que les enseignants planifient en fonction de leur programme réel et non pas de répondre à une (simple) commande des chercheurs. Les enseignants (de S&T et de M) sont par la suite jumelés en fonction des contenus retenus pour amorcer conjointement la planification interdisciplinaire. Une fois les équipes formées, la planification se poursuit en présence des chercheurs et des CP qui donnent leur appui en fonction des besoins ou pour s'assurer du respect du cahier des charges. Cette phase se termine par une demi-journée où chaque équipe présente l'état d'avancement de sa planification et reçoit une rétroaction de la part de l'ensemble des participants.

4) Après cette phase, les enseignants poursuivent leur planification dans leurs écoles. Une journée de libération (J5, figure1) est prévue pour les enseignants pour leur permettre de finaliser les planifications dans leurs commissions scolaires.

5) Entre le mois de février et avril, c'est la phase d'expérimentation en classe, accompagnée de recueil des données : entrevues pré-enregistrements; enregistrements en classe et recueil d'artefacts; entrevues post-enregistrements. Une copie des enregistrements est par la suite remise à chaque enseignant pour lui permettre de préparer la phase du retour réflexif.

6) Deux journées sont réservées au retour réflexif (une journée par groupe de 10 à 15 enseignants, accompagnés de CP et des chercheurs : J6, figure1). Lors de ces rencontres, les enseignants (individuellement ou en équipe), et en fonction d'un cahier des charges établi conjointement à l'avance, présentent le déroulement de leur expérimentation illustrée par des extraits d'enregistrement en classe. Chaque présentation est discutée par l'ensemble des participants en vue de favoriser la réflexion individuelle et collective sur l'enseignement interdisciplinaire. Les séquences élaborées sont ensuite partagées par les participants.

7) Des enseignants volontaires, accompagnés de CP et de chercheurs, présentent des communications (ateliers) dans le cadre de colloques professionnels (diffusion auprès d'autres acteurs scolaires).

L'annexe 1 présente de brèves descriptions d'exemples de séquences interdisciplinaires préparées par les enseignants de S&T et de M dans le cadre de la communauté d'apprentissage que nous venons de décrire. L'annexe est préparée à partir des entrevues pré et post réalisés avec les enseignants et des artefacts collectés et non pas à partir de l'analyse des enregistrements vidéo (le but et l'espace réservé à cette communication ne le permettent pas).

4. Quelques constats découlant du processus d'accompagnement

Une des retombées du processus que nous venons de décrire est non seulement la production par les enseignants de séquences interdisciplinaires qu'ils ont pu expérimenter en classe, individuellement ou en équipe. Mais, c'est surtout le fait de leur permettre de s'ouvrir à d'autres disciplines que celles qu'ils prennent en charge et à explorer le potentiel de l'enseignement interdisciplinaire. D'ailleurs, la plupart des enseignants ont affirmé lors des entrevues post que, malgré les défis qui l'accompagnent, l'enseignement interdisciplinaire qu'ils ont expérimenté en classe faisait plus de sens pour leurs élèves. Ex. : « Sur le plan mathématique, c'est le *fun* pour les élèves, je trouve, qu'ils voient à quoi ça sert les mathématiques. Tu sais, plutôt que de leur présenter juste la fonction de variation inverse puis de leur donner un problème (à résoudre par la suite)... » (enseignante de M, en parlant d'une situation interdisciplinaire visant l'apprentissage des concepts de concentration et de dilution en S&T et des fonctions, entre autres, en M).

Cette ouverture à l'interdisciplinarité ne va cependant pas de soi. Elle prend du temps et de la volonté à s'ouvrir au langage et à la rationalité de la discipline de l'autre. Le « chauvinisme » disciplinaire

(défendre d'abord l'enseignement de sa discipline) des enseignants et des chercheurs est un vrai défi que l'équipe a pu surmonter progressivement.

Outre l'ouverture aux autres disciplines, il y a aussi la volonté et le désir de travailler avec d'autres collègues qui n'ont pas toujours la même posture ou le même point de vue sur les processus d'enseignement-apprentissage et sur les contenus prioritaires. Et même lorsque les membres affichent cette volonté, il fallait qu'ils acceptent que la planification prenne beaucoup plus de temps que lorsqu'ils planifiaient seuls, parce qu'il fallait tout négocier et argumenter.

Du temps était aussi nécessaire pour les élèves, habitués à un enseignement disciplinaire cloisonné, afin qu'ils s'engagent dans de nouvelles situations ouvertes qui mobilisent plus qu'une discipline : « mais pour eux (les élèves), ils regardent ça et ils se disent : là je fais quoi et pourquoi je fais ça ?... Pour eux, ça c'est la grande difficulté par où je passe pour chercher et trouver un sens ? » (enseignant S&T). « Je dirais que vers la fin je trouvais que les élèves comprenaient bien le lien et où on voulait les amener. Mais, entre chaque étape, leur faire repenser le lien entre ce qu'ils ont fait en mathématiques, ce qu'ils font en sciences, et de mettre tout ça ensemble, parfois ils n'y pensent pas. Donc, ça c'était une difficulté, mais, qui devenait de mieux en mieux (présente) parce qu'on les fait réfléchir en mathématiques et en sciences à la fois. » (enseignant de M).

Un des aspects de l'accompagnement qui a joué le rôle de catalyseur de la pratique réflexive, individuelle et collective, est celui du recours aux enregistrements en classe lors de journée réservée au retour sur les expérimentations. Il faut cependant souligner que ce mode d'analyse des pratiques de classe n'a pas été accepté facilement dès les départs par tous les enseignants. Plusieurs y voyaient une intrusion non désirée dans leur vie professionnelle. Ce n'est que lorsque les enseignants ont senti que l'analyse réflexive ne visait pas l'évaluation de leur pratique et qu'une certaine confiance s'est installée progressivement que ce mode d'accompagnement est devenu un outil puissant. Si au départ, certains enseignants sélectionnaient des extraits qui ne montraient que des images peu significatives d'élèves en action, lorsque la communauté a pris toute sa maturité, les extraits sélectionnés étaient plus riches sur le plan didactique. Le fonctionnement a permis de passer progressivement d'une communauté qu'on pourrait qualifier de secondaire à une communauté qu'on pourrait désigner de primaire (centration sur la discussion des processus d'enseignement-apprentissage significatifs en vue de leur amélioration).

Si certains défis ont été surmontés au cours du processus d'accompagnement mis en place par notre communauté, d'autres dépassent le contexte de cette expérimentation et nécessitent davantage de réflexions à différents niveaux : curriculaire; didactique (dont la formation à l'enseignement) et organisationnel.

Au niveau curriculaire, l'interdisciplinarité nécessite une analyse préalable des programmes de S&T et de M afin de repérer les points de convergence et de complémentarité permettant d'élaborer des situations interdisciplinaires pertinentes. Dans le cadre de notre communauté, dans plusieurs cas, les enseignants ont pu cibler des contenus de S&T et de M qui offrent un grand potentiel d'interdisciplinarité, mais qui sont prescrits dans les programmes à des niveaux scolaires différents. Ce défi renvoie au processus d'élaboration des programmes eux-mêmes. Au Québec, même si la vision véhiculée par la dernière réforme est curriculaire (et non par programmes disciplinaires indépendants), les programmes de M et de S&T ont été élaborés par deux équipes différentes.

Au niveau didactique, notre expérience montre que les enseignants, malgré leur volonté, ne sont pas formés à planifier et à enseigner de manière interdisciplinaire. Les formations des enseignants sont

souvent centrées sur l'enseignement des disciplines de manière cloisonnées. Au Québec, même si certains futurs enseignants peuvent choisir, lors de leur parcours de formation initiale, de prendre des cours sur l'enseignement des S&T et des M, ce choix ne peut suffire à préparer à l'interdisciplinarité, puisque ces cours sont pensés de manière cloisonnée. Certaines universités, comme l'Université de Sherbrooke, ont mis en place quelques activités d'intégration, mais celles-ci ne semblent pas suffisantes pour préparer les futurs enseignants à une didactique de l'interdisciplinarité.

Sur le plan organisationnel, les défis sont nombreux. Par exemple, les enseignants ayant participé à notre projet nous ont fait part du temps supplémentaire que nécessite ce type de planification et de concertation avec les collègues. Ex. : « Évidemment, c'est plus complexe de planifier une situation interdisciplinaire, qu'une situation dans une seule matière. Donc, il y a plusieurs défis organisationnels, surtout au niveau de la planification avec d'autres enseignants, de tisser des apprentissages dans d'autres disciplines à la fois, ça demande de la préparation et du temps » (Enseignante de S&T). D'autres défis ont été rapportés par les enseignants : les espaces sont organisés dans certaines écoles en fonction des disciplines, ce qui ne facilite pas le dialogue ; l'emploi du temps ne prévoit pas des moments de rencontre avec d'autres enseignants; certains groupes d'élèves ne sont pas homogènes dans les cours de S&T et de M; etc.

Bibliographie

Anadon, M. (2007). *La recherche participative : multiples regards*. Québec : PUQ.

Brown, C. et Taylor, C. (2016). Using design-based research to improve the lesson study approach to professional development in Camdon (London). *London review of education*, 14(2), 4-25.

Fourez, G. (1997). Qu'entendre par « îlot de rationalité » et par « îlot interdisciplinaire de rationalité »? *Aster*, 25, 217-225.

Hasni, A., Bousadra, F. et Poulin, J.-E. (2012). Les liens interdisciplinaires vus par des enseignants de sciences et technologies et de mathématiques du secondaire au Québec. *Recherches en didactiques des sciences et technologies*, 5, 131-156.

Haug, B. S. et Ødegaard, M. (2014). From words to concepts: Focusing on word knowledge when teaching for conceptual understanding within an inquiry-based science setting. *Research in Science Education*, 44(5), 777-800.

Hepburn, L., et Beamish, W. (2019). Towards Implementation of Evidence-Based Practices for Classroom Management in Australia: A Review of Research. *Australian Journal of Teacher Education*, 44(2), 82-98.

Lenoir, Y., Hasni, A. et Froelich, A. (2015). Curricular and didactic conceptions of interdisciplinarity in the field of education: A socio-historical perspective. *Issues in Interdisciplinary Studies*, 33, 39-93.

Martinand, J.-L. (1996). Introduction à la modélisation. Dans *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques, Cachan 1994-95* (pp. 1-12), Paris, FR : Liaison interuniversitaire pour la recherche en éducation scientifique et technologique.

Shön, D. A. (1994). *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Éditions Logiques.

Tytler, R., Prain, V. et Hobbs, L. (2021). Rethinking disciplinary links in interdisciplinary STEM learning: a temporal model. *Research in science education*, 51, S269-S287.

Yang, Y., Liu, X. et Gardella Jr., A. (2018). Effects of professional development on teacher pedagogical content knowledge, inquiry teaching practices, and student understanding of interdisciplinary science. *Journal of science teacher education*, 29(4), 263-282.

You, H. S. (2017). Why teach science with an interdisciplinary approach: history, trends, and conceptual frameworks. *Journal of education and learning*, 6(4), 66-77.